



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE LA CIUDAD
DE GUARANDA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: KAREN DEL ROCÍO CARRILLO ANALUISA

TUTOR: ING. CAMILO PAVEL HARO BARROSO

Riobamba – Ecuador

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: el presente proyecto técnico de **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUARANDA”** de responsabilidad de la Srta. Karen Del Rocío Carrillo Analuisa ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Camilo Haro

DIRECTOR DEL TRABAJO

.....

.....

DE TITULACIÓN

Ing. Marco Chuiza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Yo, Karen Del Rocío Carrillo Analuisa soy la responsable de las ideas doctrinas y resultados expuestos en este proyecto técnico, y el patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

KAREN DEL ROCÍO CARRILLO ANALUISA

DEDICATORIA

A Dios Padre Todopoderoso.

A mi Mami María.

A mis Abuelitos Delia, Guillermo y Erlinda.

A mis Tíos Miriam y Marco.

A mis Hermanitos Tyrone, Fernanda, Paola y Fabián.

A mis Sobrinitos Britany, Dylan, Emilio, Isabelita, Emilita y al Angelito de mi vida Paulito.

A mi Familia la de siempre.

A mi Mejor Amiga Melissa.

A mi Perrito Scrapry.

Y a todos mis Amigos.

Karen

AGRADECIMIENTO

A Dios padre todopoderoso, por ser bueno y piadoso, por darme todo lo que tengo, gracias Diosito por mi hermosa familia y por darme a la mejor madre del mundo.

A mi Mami María la luz de mi vida, por haberme dado su amor incondicional, la fuerza que eh necesitado para salir adelante, por acompañarme siempre en cada paso que doy por la paciencia, porque para mí es la mujer más perfecta y buena de este mundo. Gracias Mamí por haber hecho de mi vida la mejor y la más feliz le amo con todo mi corazón.

A mis abuelitos Mamí Delia y Papi Guillo por su apoyado incondicional desde el día que nací, por haberme abierto las puertas de su vida y su corazón.

A mi Ñaña Miriam, porque para mí ha sido como una madre, por haber estado conmigo en los malos y buenos momentos, por sus ánimos y su amor infinito.

A mis hermanitos Tyrone, Fernanda, Paola y Fabián por su amor, paciencia y cariño.

A mis sobrinitos Britany, Dylán, Paulito, Emilito, Isabelita y Emilita, porque me hacen feliz.

A mis tíos, mis primos, mis cuñados y a toda mi familia que siempre han estado pendientes de mí de una u otra manera los amo.

A mi mejor amiga Melissa Noboa por ser incondicional, por sus palabras de ánimo por sus consejos, locuras por ser la hermanita de corazón que Diosito me dio.

A todos mis amigos que tuve la oportunidad de conocer en la Politécnica July, Anabel, Alex, Diana, Paito, Vico, Mishel, Silvana, Carlos, Ivonne, Pamelita.

Al Ing. Camilo Haro y al Ing. Marco Chuiza por la paciencia y el tiempo dedicado a mi tesis.

Karen

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1	Identificación del Problema	1
1.2	Justificación del proyecto	2
1.3	Línea de Base del Proyecto.....	2
<i>1.3.1</i>	<i>Reconocimiento del lugar de realización del proyecto técnico</i>	<i>2</i>
<i>1.3.1.1</i>	<i>Número de bovinos faenados.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Estado actual de la planta de tratamiento de agua residual del Centro de Faenamiento de Guaranda</i>	<i>4</i>
1.4	Beneficiarios directos e indirectos	5
<i>1.4.1</i>	<i>Directos</i>	<i>5</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Indirectos</i>	<i>5</i>

CAPÍTULO II

2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
2.1	Objetivo General	6
2.2	Objetivos Específicos	6

CAPÍTULO III

3.	ESTUDIO TÉCNICO	7
3.1	Localización del proyecto	7

3.1.1	<i>Localización Geográfica</i>	7
3.2	Ingeniería del proyecto	8
3.2.1	<i>Tipo de estudio</i>	8
3.2.2	<i>Métodos y técnicas</i>	8
3.2.2.1	<i>Métodos</i>	8
3.2.2.2	<i>Técnicas</i>	9
3.2.3	<i>Determinación del caudal actual</i>	9
3.2.3.1	<i>Método volumétrico</i>	9
3.2.4	<i>Muestreo de aguas residuales del centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda</i>	10
3.2.5	<i>Caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales del centro de faenamiento</i>	10
3.2.6	<i>Determinación de variables para el redimensionamiento</i>	13
3.2.6.1	<i>Índice de biodegradabilidad</i>	13
3.2.7	<i>Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento del centro de faenamiento de Guaranda (Pruebas Piloto)</i>	14
3.2.7.1	<i>Porcentaje de remoción</i>	17
3.2.7.1.1	<i>Remoción de sólidos totales</i>	17
3.2.7.1.2	<i>Remoción sólidos suspendidos totales</i>	18
3.2.7.1.3	<i>Remoción nitrógeno total</i>	18
3.2.7.1.4	<i>Remoción coliformes fecales</i>	19
3.2.7.1.5	<i>Remoción de la DBO₅</i>	20
3.2.7.1.6	<i>Remoción DQO</i>	20
3.2.8	<i>Rediseño del Sistema de Tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento</i>	21
3.2.8.1	<i>Cálculo de la población futura</i>	22
3.2.8.2	<i>Caudal de diseño</i>	22
3.2.9	Cálculos de las operaciones unitarias a implementarse en el sistema actual 27	
3.2.9.1	<i>Rejillas</i>	27
3.2.9.1.1	<i>Dimensionamiento del sistema de rejillas</i>	28
3.2.9.2	<i>Procesos Biológicos</i>	31
3.2.9.2.1	<i>Reactor Biológico</i>	31
3.2.9.2.1.1	<i>Reactor Biológico Secuencial (SBR)</i>	31
3.2.9.2.1.2	<i>Dimensionamiento Reactor Biológico Secuencial (SBR)</i>	31
3.2.9.3	<i>Decantador secundario</i>	48
3.2.9.3.1	<i>Dimensionamiento decantador secundario</i>	49

3.2.9.4	<i>Tanque de desinfección.....</i>	55
3.2.9.4.1	<i>Dimensionamiento del tanque de desinfección.....</i>	56
3.2.9.4.1.1	<i>Dosificación de hipoclorito de Calcio (HTH).....</i>	57
3.2.9.5	<i>Lecho de Secado</i>	60
3.2.9.5.1	<i>Dimensionamiento de lecho de secado.....</i>	60
3.3	Proceso de producción.....	62
3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	64
3.4.1	<i>Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales</i>	64
3.4.2	<i>Requerimientos de equipos de laboratorio para caracterización físico-química y microbiológico del agua residual.....</i>	64
3.4.3	<i>Requerimientos de Materiales e instrumentos del laboratorio</i>	64
3.5	Análisis de Costo/beneficio del proyecto.....	65
3.5.1	<i>Costo de implementación de nuevos procesos</i>	65
3.5.2	<i>Costos operativos de químicos.....</i>	66
3.5.3	<i>Costos de mano de obra.....</i>	67
3.5.4	<i>Costo total de la inversión para la implementación del proyecto.....</i>	67
3.6	Cronograma de ejecución del proyecto.....	67
CONCLUSIONES.....		69
RECOMENDACIONES.....		71
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<i>Pf</i>	Población futura
<i>r</i>	Tasa de crecimiento poblacional
<i>t</i>	Período diseño
<i>C_B</i>	Caudal por bovino
<i>ICC</i>	Índice consumo de carne
<i>ICH</i>	Índice de consumo de carne por habitante
<i>DF</i>	Demanda futura de carne
<i>QF</i>	Caudal futuro
<i>A_L</i>	Área libre del paso de agua
<i>v</i>	Velocidad antes de la reja
<i>h_{a'}</i>	Altura del tirante en el canal
<i>B</i>	Ancho del canal
<i>L_b</i>	Longitud de las barras
<i>h_a</i>	Altura del tirante de construcción
<i>α</i>	Ángulo de inclinación de las barras
<i>S</i>	Separación entre las barras
<i>e</i>	Espesor de las barras
<i>β</i>	Factor dependiente de la forma de barras
<i>g</i>	Gravedad
<i>V_t</i>	Volumen del tanque mezclador
<i>Trh</i>	Tiempo de retención
<i>Dcm</i>	Diámetro de la cámara de mezcla
<i>V_t</i>	Volumen del tanque reactor
<i>H</i>	Profundidad de la cámara de mezcla
<i>D</i>	Diámetro de la turbina

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Bovinos Faenados.....	3
Tabla 1-3: Características físicas del cantón Guaranda	7
Tabla 2-3: Aforó de caudal de agua residual mes de Octubre	9
Tabla 3-3: Toma y recolección de muestras mes de Noviembre	10
Tabla 4-3: Métodos de Análisis de agua residual	11
Tabla 5-3: Caracterización físico-químico y microbiológico de muestras simples, Noviembre	12
Tabla 6-3: Relación entre parámetros DBO5 y DQO	13
Tabla 7-3: Resultados de análisis físico-químico y bacteriológicos Agua Residual del Camal	16
Tabla 8-3: Remoción sólidos totales.....	17
Tabla 9-3: Remoción de sólidos suspendidos totales.....	18
Tabla 10-3: Porcentaje de remoción de nitrógeno total	18
Tabla 11-3: Porcentaje de remoción de coliformes fecales	19
Tabla 12-3: Porcentaje de remoción de la DBO ₅	20
Tabla 13-3: Porcentaje de remoción DQO.....	20
Tabla 14-3: Datos del cálculo caudal de diseño.....	22
Tabla 15-3: Datos peso promedio del ganado.....	24
Tabla 16-3: Criterios de diseño para las rejillas de limpieza manual.....	27
Tabla 17-3: Coeficiente de pérdida para rejillas	30
Tabla 18-3: Datos para dimensionamiento del Reactor SBR.....	32
Tabla 19-3: Carga Másica típica	32
Tabla 20-3: Saturación de oxígeno en agua	38
Tabla 21-3: Datos para transferencia de oxígeno en condiciones normalizadas.....	38
Tabla 22-3: Influencia de la temperatura	44
Tabla 23-3: Parámetros para cálculo de masa de lodos	46
Tabla 24-3: Parámetros para cálculo de Masa de Lodos.....	47
Tabla 25-3: Concentración y dosificación de Hidróxido de Calcio para Proceso Aeróbico.....	48
Tabla 26-3: Criterios de diseño para cálculos de decantador secundario	48
Tabla 27-3: Cálculos de diseño para decantador secundario	49
Tabla 28-3: Consideraciones para el calado del decantador secundario	53
Tabla 29-3: Parámetros Generales	56
Tabla 30-3: Parámetros de diseño para lechos de secado	60
Tabla 31-3: Datos de Profundidad- ancho	60
Tabla 32-3: Materiales y equipos para medición de caudal.....	64
Tabla 33-3: Equipos para la caracterización de las aguas residuales	64
Tabla 34-3: Materiales e instrumentos para caracterización de agua residual	64
Tabla 35-3: Determinación de los costos del rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento de Guaranda	65
Tabla 36-3: Determinación de los costos de dosificación de Hipoclorito de Calcio	66
Tabla 37-3: Determinación de costos de mano de obra	67
Tabla 38-3: Costo total.....	67
Tabla 39-3: Cronograma del proyecto	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Trampa de Grasas y Aceites	4
Figura 2-1: Entrada al Tanque Sedimentador	4
Figura 3-1: Filtro de Ripio	5
Figura 1-3: Ubicación Geográfica del Centro de Faenamiento	8
Figura 2-3: Reactor Biológico	14
Figura 3-3: Decantador Secundario	15
Figura 4-3: Tanque de Desinfección.....	15
Figura 5-3: Simulación del proceso	15
Figura 6-3: Sistema de rejillas	27
Figura 7-3: Diferentes formas de rejillas	30
Figura 8-3: Tanque de desinfección.....	55
Figura 9-3: Lecho de secado	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Remoción Sólidos totales	17
Gráfico 2-3: Remoción de sólidos suspendidos totales.....	18
Gráfico 3-3: Remoción nitrógeno total	19
Gráfico 4-3: Remoción de coliformes totales	19
Gráfico 5-3: Remoción DBO ₅	20
Gráfico 6-3: Remoción DQO.....	21
Gráfico 7-3: Diagrama de proceso	63

RESUMEN

El objetivo fue rediseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales del Centro de Faenamiento de la ciudad de Guaranda, para reducir la contaminación que se produce al Río Guaranda y su población, debido a las descargas de agua residual que se generan en el Centro de Faenamiento, para lo cual se realizó el diagnóstico inicial del sistema, con la determinación del caudal, tomando muestras representativas para la caracterización física, química y microbiológica, evidenciándose elevados niveles de sólidos totales con 2502,59 mg/L, sólidos suspendidos totales con 331,94 mg/L, nitrógeno total con 74,4 mg/L, coliformes fecales con 7432,75 mg/L, DBO₅ con 751,10 mg/L y DQO con 1229,21 mg/L, donde dichos parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en el acuerdo ministerial 097A del 4 de noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, acuerdo reformativo del TULSMA, frente a esta caracterización se consideró el rediseño del sistema de tratamiento del Centro de Faenamiento con la implementación de rejillas, un reactor biológico SBR, decantador secundario, tanque de desinfección y lecho de secado, simulándose dichos procesos a escala de laboratorio en donde se obtuvo los siguientes resultados sólidos totales con 26,98 mg/L, sólidos suspendidos totales con 1,21 mg/L, nitrógeno total con 30 mg/L, coliformes fecales con <1 mg/L, DBO₅ con 18,34 mg/L, DQO con 36,79 mg/L, generándose una reducción cerca de un 94%, permitiendo el cumplimiento de la normativa actual vigente. Con los resultados obtenidos de dichas pruebas se procede a realizar el rediseño del sistema de tratamiento, con el dimensionamiento de las unidades complementarias con cálculos matemáticos, utilizando criterios de diseño de diferentes autores, y así se recomienda que este estudio sea aplicado lo más pronto posible para el beneficio de la ciudadanía y medio ambiente.

PALABRAS CLAVES: < INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA> <REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES> <CENTRO DE FAENAMIENTO> <REACTOR SBR> <TANQUE SEDIMENTADOR> <DECANTADOR SECUNDARIO> <LECHO DE SECADO> <TANQUE DE DESINFECCIÓN> <GUARANDA (CANTÓN)>.

ABSTRACT

The aim was redesigning the treatment system of sewage water of the Slaughter Center of Guaranda city, in order to reduce the pollution it releases to Guaranda River and its inhabitants, due to the Flow of sewage water generated in the Slaughter Center; hence, the initial diagnosis to the systems was performed, through determining the caudal, gathering representative samples for the physical, chemical and microbiological characterization, evidencing so high levels of total solids with 2502,59 mg/L, total suspended solids with 331,94 mg/L, total nitrogen with 74,4 mg/L, fecal coliforms with 7432,75 mg/L, DBO₅ with 751,10 mg/ L and DQO with 1229,21 mg/L, where such parameters exceed the permitted limits stated in the Ministerial Agreement 097 A from November 4, 2015, regarding the flow limits into a supply of fresh water, TULSMA reforming agreement, due to this characterization it was considered the redesign of the treatment systems if the Slaughter Center through the implementation of mesh strainers, a biological reactor SBR, secondary decanter, disinfection tank and drying bed, simulating those processes to laboratory scale where the following results were obtained; total solids with 26,98 mg/L, total suspended solids with 1,21 mg/L, total nitrogen with 30 mg/L, fecal coliforms with <1 mg/L, DBO₅ with 18,34 mg/ L and DQO with 36,79 mg/L, causing a reduction of almost 94% and so accomplishing the regulation of the current norm. With the results obtained from the tests, the design of a treatment system was performed, with the dimensioning of the complementary units with mathematical calculation, using design criteria of different authors, so this study is recommended to be applied as soon possible for the benefit of the citizenship and the whole environment.

KEY WORD: <CHEMICAL INGENIEERING AND TECHNOLOGY> <REDESING OF THE TREATMENT SYSTEM OF SEWAGE> <SLAUGHTER CENTER> <SECONDARY DECANTER> <DRYING BED> <DESINFECTATION TANK> <GUARANDA (CITY)>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

El centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda genera residuos tales como sangre, estiércol, vísceras, y agua residual, producto del faenamiento de los animales, los mismos que son descargados directamente al Río Guaranda sin un tratamiento adecuado. La carga contaminante está en función de la materia orgánica, lo que genera una proliferación de vectores que pueden afectar a la salud humana, cuando las mismas son descargadas hacia los cursos hídricos superficiales.

De acuerdo al VII censo nacional de población y VI de vivienda realizado en el 2010, la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad de Guaranda es de aproximadamente 1,9%, lo que se reflejaría con un aumento de la demanda de productos de origen animal, que se traduce con un incremento de la contaminación ambiental que deteriora la calidad del agua de los cuerpos hídricos receptores.

En la parte noroccidental de la ciudad de Guaranda por donde recorre el Río, se encuentran ubicados los barrios el Peñón, la Playa y Marcopamba, donde se puede observar la presencia de roedores, moscas y principalmente mal olor, provocado por las descargas procedentes del centro de faenamiento lo que perjudica la calidad de vida de los pobladores. Las comunidades aledañas a la zona no pueden utilizar el agua contaminada para sus actividades agrícolas lo que genera afectaciones económicas y productivas a dichos lugares.

El Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón Guaranda es consciente de la gran problemática ambiental, razón por la cual ha mostrado mayor interés en la realización de este proyecto técnico, con el objetivo de reducir la contaminación y mejorar calidad de vida de los habitantes.

1.2 Justificación del proyecto

En la actualidad, la contaminación de los ríos es uno de los problemas que se presentan hoy en día, donde los seres humanos se enfrentan diariamente a consecuencias debido al deterioro del ambiente. Uno de los principales causales de la contaminación de agua superficial es la presencia de centros de faenamiento que no cuentan con plantas de tratamiento de agua residual, realizándose las descargas de efluentes en los cuerpos hídricos aledaños, lo que deteriora la calidad de vida de los pobladores y altera los ecosistemas.

Este proyecto técnico tiene como finalidad reducir la contaminación que se produce en el Río Guaranda, producto de las descargas del centro de faenamiento ubicado en la localidad. En la actualidad, la planta de tratamiento del centro de faenamiento no cuenta con el tratamiento apropiado que es necesario para reducir la carga contaminante principalmente de la DBO_5 y la DQO, además de grasas y aceites que se generan durante los procesos de faenamiento.

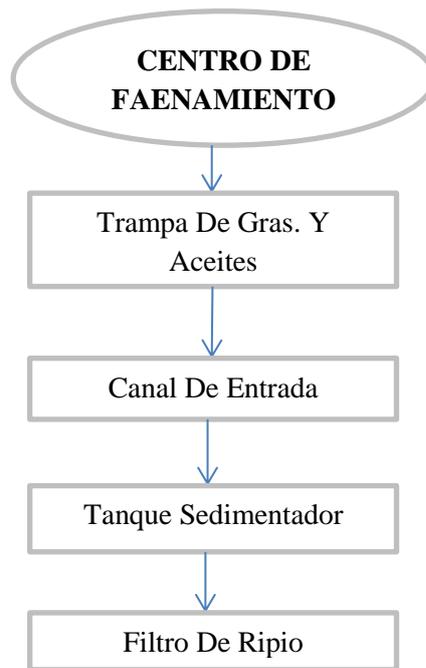
El presente proyecto técnico cuenta con el aval del Gobierno Autónomo del Cantón Guaranda, puesto que beneficiará a los pobladores, a las comunidades aledañas y a los ecosistemas circundantes.

1.3 Línea de Base del Proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de realización del proyecto técnico

El centro de Faenamiento de Guaranda se encuentra ubicado en las coordenadas $1^{\circ} 35' 57.5''$ S y $78^{\circ} 59' 44.4''$ O, en el Barrio el Peñón junto al Río Guaranda, posee una planta de tratamiento de agua residual, por donde pasan los efluentes de dicho centro, previo a la realización de este proyecto se realizó un recorrido por sus instalaciones, recopilando información sobre la cantidad de ganado faenado diariamente, el tipo, la frecuencia y los días donde se produce dicho faenamiento, así como también se realizó el diagnóstico inicial, identificando posibles deficiencias existentes alrededor del sitio. Posteriormente se realizaron aforaciones para determinar el caudal que se genera y se tomaron muestras para trasladarlas al laboratorio de control de calidad de la EMAPA-G.

En las observaciones realizadas en el centro de faenamiento se puede verificar el siguiente diagrama de proceso.



1.3.1.1 Número de bovinos faenados

De acuerdo a los datos registrados por el centro de faenamiento, se contabilizan que durante un año se despostan aproximadamente 4828 reses, de las cuales se tiene como un aproximado de 16 a 18 bovinos que se faenan al día, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1-1: Bovinos Faenados

MES	#BOVINOS FAENADOS AL MES	#BOVINOS FAENADOS AL DÍA
Agosto	382	16
Septiembre	399	17
Octubre	381	16
Noviembre	389	16
Diciembre	392	16
Enero	398	17
Febrero	394	16
Marzo	419	17
Abril	421	18
Mayo	417	17
Junio	416	17
Julio	420	18
Total	4828	218
Promedio	402	17

Fuente: Centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda, 2017

Como se puede observar los meses de mayor consumo de carne corresponde a abril y julio con 421 y 420 respectivamente, mientras que los de menor consumo son octubre y agosto.

1.3.2 Estado actual de la planta de tratamiento de agua residual del Centro de Faenamiento de Guaranda

La planta de tratamiento actual cuenta con una trampa de grasas y aceites con capacidad de 6 m³, que se encuentra conectada a una canal de 2 m de largo, 0,50 m de ancho y 0,60 m de profundidad, el mismo que se subdivide en dos canales pequeños lo que permiten el ingreso del agua a un tanque sedimentador de 20 m³, con un rebosadero que conduce el agua decantada a un filtro de ripio de 21 m³, tal como se muestran en las siguientes figuras.



Figura 1-1: Trampa de Grasas y Aceites

Fuente: Centro de Faenamiento de la ciudad de Guaranda, 2017



Figura 2-1: Entrada al Tanque Sedimentador

Fuente: Centro de Faenamiento de la ciudad de Guaranda, 2017



Figura 3-1: Filtro de Ripio

Fuente: Centro de Faenamiento de la ciudad de Guaranda, 2017

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda considera importante realizar un proceso de mejoras del sistema actual, debido a que se presentan anomalías en las descargas, por tal motivo el siguiente proyecto tendrá los siguientes beneficiarios.

1.4.1 Directos

- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda.
- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EMAPA-G.
- Centro de Faenamiento de Guaranda.

1.4.2 Indirectos

- La población del Cantón Guaranda.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

- ✓ Rediseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales del centro de Faenamiento de la ciudad de Guaranda.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta.
- ✓ Caracterizar física, química y microbiológicamente las aguas residuales del centro de faenamiento, bajo el Acuerdo Ministerial 097A reformativo del TULSMA expedido el 4 de Noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- ✓ Determinar el tipo de tratamiento y los nuevos procesos a implementar
- ✓ Realizar la caracterización final del agua tratada.
- ✓ Efectuar los cálculos de ingeniería para el respectivo rediseño.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización Geográfica

Tabla 1-3: Características físicas del cantón Guaranda

Ubicación:	Guaranda se localiza en el centro del Ecuador, en la Hoya de Chimbo al Noroeste de la Provincia de Bolívar, dentro de las coordenadas: 1°34'8" Latitud sur; y 78°58'1" Latitud oeste.
Límites:	Al Norte, las provincias de Tungurahua y Cotopaxi; al Sur, los cantones San José de Chimbo y San Miguel de Bolívar; al Este la provincia de Chimborazo y Tungurahua; y al Oeste los cantones Las Naves, Echeandía y Caluma.
Superficie:	189,209 Has 189,2 km ²
Altitud:	2668 msnm
Temperatura:	13.5° en promedio en Guaranda. Existe una variación de 2° en el páramo y 24° en el subtrópico.
Orografía	El relieve del cantón es bastante occidentado en su zona interandina, debido a la presencia de la cordillera Occidental de los andes y el Ramal de la Cordillera de Chimbo tiene pequeños valles en Guanujo, Guaranda y San Simón y valles mayores San Luis de Pambil.
Hidrografía	La mayoría del caudal Hídrico del cantón se origina en los deshielos del Chimborazo, páramos y ceja de montañas.
Clima	Las temperaturas varían entre 2°C, 10°C, 15°C, 24°C.

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda , 2013)

Realizado Por: Carrillo Karen, 2017

La planta de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda, se encuentra ubicado en el barrio el Peñón junto al Río Guaranda, a 1° 35' 57.5" Latitud Sur; y 78° 59' 44.4" Latitud Oeste, tal y como se muestra en la siguiente ilustración.



Figura 1-3: Ubicación Geográfica del Centro de Faenamiento

Fuente: Google Earth, 2017

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Tipo de estudio

El presente proyecto técnico contará con un estudio cualitativo en el cual se interpreta y analiza el objeto de estudio; y cuantitativo debido a la valoración de datos cuantificables del agua residual antes y después del proceso de tratamiento. (GÓMEZ , 2006)

3.2.2 Métodos y técnicas

3.2.2.1 Métodos

- **Método experimental**

El proyecto es experimental porque se realizó la toma de muestras de agua del sistema de tratamiento actual, para su posterior traslado y análisis en el laboratorio donde se caracterizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con la finalidad de recabar información actual de la planta de tratamiento.

Una vez obtenidos los resultados se ambientó en el laboratorio una planta piloto, para verificar el funcionamiento y la tratabilidad de las aguas residuales que se generan en el camal municipal. (UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2010)

- **Método Deductivo**

El presente estudio es deductivo puesto que, a partir de la interpretación de resultados se plantea soluciones, sobre el rediseño del sistema de tratamiento actual del centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda. (BERNAL TORRES, 2006)

3.2.2.2 Técnicas

Las técnicas son los procedimientos que se utilizan para realizar la caracterización del agua residual, toma de muestras y la medición de los caudales generados en el centro de faenamiento de Guaranda, como paso previo al proceso de rediseño del sistema actual.

3.2.3 Determinación del caudal actual

3.2.3.1 Método volumétrico

El método consiste en la utilización de un recipiente de volumen conocido y la medición del tiempo que tarda en llenarse. (ROJAS BUSTAMANTE, 2006). Las aforaciones se realizaron de la siguiente forma:

- Se utilizó un balde graduado de 10L para realizar las aforaciones, primero se determina el tiempo que tarda en llenarse el balde, repitiendo dicho procedimiento para obtener un promedio diario del caudal que se genera, para lo cual se realizó lecturas diarias, en horas donde se genera la mayor cantidad de agua residual, de las actividades de faenamiento, una vez realizada las aforaciones se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 2-3: Aforó de caudal de agua residual mes de Octubre

HORA	CAUDALES (L/s)						
	Lunes 3	Martes 4	Miérc. 5	Jueves 6	Viernes 7	Sábado 8	PROM.
05:00 a 06:00	1,8	2,3	2,9	2,5	2,9	2,6	2,50
06:00 a 07:00	2,6	2,5	2,7	2,4	2,3	2,9	2,57
05:00 a 06:00	1,8	3,2	3,1	2,3	2,4	3,1	2,65
06:00 a 07:00	1,9	2,7	2,5	2,8	2,6	2,8	2,55
CAUDAL PROMEDIO							2,57 L/s

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

A partir de las aforaciones realizadas durante el mes de Octubre, se obtuvo el caudal mínimo que se genera siendo 1,8 L/s y el caudal máximo de 3,1 L/s, además se obtuvo un promedio de 2,57 L/s, que corresponderá al valor con el cual se trabajará en este proyecto, para realizar los cálculos de ingeniería respectivos y obtener el caudal futuro.

3.2.4 *Muestreo de aguas residuales del centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda*

Para la realización de la toma de muestras del agua residual se consideró la toma de muestras simples, que consiste en la recolección de un volumen de agua residual de un determinado punto del sistema de tratamiento, en este caso fue la salida del agua del tanque sedimentador que de acuerdo a la propuesta se podría considerar como un sedimentador primario, las mismas que fueron recolectadas en una semana de acuerdo al siguiente cronograma:

Tabla 3-3: Toma y recolección de muestras mes de Noviembre

DÍAS	#MUESTRAS	HORA	LUGAR
Miércoles	2	07:00 am	Salida del tanque sedimentador
Jueves	2	06:00 am	Salida del tanque sedimentador
Viernes	2	07:00 am	Salida del tanque sedimentador
Sábado	2	06:00 am	Salida del tanque sedimentador
Total			8

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.2.5 *Caracterización física, química y microbiológica de las aguas residuales del centro de faenamiento*

Para la caracterización física química y microbiológica de las aguas residuales que se generan en el centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda, se tomaron en consideración parámetros establecidos en el acuerdo ministerial 097A reformativo del TULSMA expedido el 4 de noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, las mismas que fueron desarrolladas utilizando el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4-3: Métodos de Análisis de agua residual

PARÁMETRO	TIPO DE MÉTODO	CODIFICACIÓN
Color	Espectrofotométrico	APHA 8025, Método estándar de platino-cobalto
Turbiedad	Nefelométrico	USEPA 180.1
Ph	Potenciométrico	APHA 4500
Conductividad Eléctrica	Conductimétrico	APHA 02041
Aceites Y Grasas	Método de Extracción de Soxhlet	APHA 06521
Tensoactivos	Espectrofotométrico	APHA 8028, Método de cristal violeta
Sólidos Totales	Gravimétrico	APHA 10471
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico	APHA 10406
Temperatura	Termómetro Celsius de Mercurio	APHA 2550B
Nitrógeno Total (N)	Espectrofotométrico	APHA 8075, Método Nessler
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	Espectrofotométrico	USEPA 8190, Método de PhosVer 3
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃ -N)	Espectrofotométrico	APHA8155 Método de salicilato
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	Espectrofotométrico	USEPA 8051, Método SulfaVer 4
Fluoruros (F)	Espectrofotométrico	USEPA 8029, Método SPADNS
Hierro Total (Fe)	Espectrofotométrico	USEPA 8008, Método FerroVer
Manganeso (Mn ²⁺)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Mn. B
Cobre (Cu)	Espectrofotométrico	USEPA 8506, Método de bicinonato
Dureza Total (CaCO ₃)	Titulométrico	APHA 2340 C, Método estándar Utilización del titulador digital con EDTA
Aluminio (Al ³⁺)	Espectrofotométrico	APHA 3500 Al. B
Cloruros (Cl ⁻)	Argentométrico	APHA 17204
Níquel (Ni)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Ni. B
Cobalto (Co)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Co. B
Plomo (Pb ²⁺)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Pb. B
Zinc (Zn ²⁺)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Zn. B
Plata (Ag ⁺)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Ag. B
Cianuro (CN ⁻)	Titulométrico	APHA 06602
Bromo (Br)	Espectrofotométrico	USEPA 10070, Método DPD
Boro (B)	Espectrofotométrico	APHA 4500-B-C. Método del Carmin
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	Espectrofotométrico	APHA 3500-Mo. B
Oxígeno Disuelto (O ₂)	Titulométrico	APHA 40012, Método de winkler
Coliformes Totales	Filtrado de membrana	APHA 8074, Método utilización del caldo m-Endo
Coliformes Fecales	Filtrado de membrana	APHA 10029, Utilización del caldo m-ColiBlue24
Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO ₅)	Técnica de Dilución	APHA 08202, Método de incubación por 5 días
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	Espectrofotométrico, reflujo cerrado	APHA 08303

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-A.W.A-WE

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

Una vez realizada la caracterización de las muestras de agua residual con las metodologías antes mencionadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5-3: Caracterización físico-químico y microbiológico de muestras simples, Noviembre

 RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO CENTRO DE FAENAMIENTO DESCARGA DEL CANTÓN GUARANDA			
Parámetros	Unidad	Norma TULSMA	Promedio Muestras Simples a la Salida Tanque Sedimentación
		Lím. Max. Per	
Color	UTC	Ina. en dis	933,13
Turbiedad	NTU	.....	436,71
Ph	.....	6 a 9	8,72
Conductividad Eléctrica	mS/cm	.....	6,49
Aceites Y Grasas	mg/L	30	10,42
Tensoactivos	mg/L	0,5	0,21
Sólidos Totales	mg/L	1600	2502,59
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	331,94
Temperatura	° C	.....	16,45
Nitrógeno Total (N)	mg/L	50,0	74,40
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	4,67
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃ -N)	mg/L	30	20,69
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	60,93
Fluoruros (F)	mg/L	5,0	0,53
Hierro Total (Fe)	mg/L	10,0	7,08
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,52
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,52
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	.....	741,50
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,06
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	1000	935,42
Níquel (Ni)	mg/L	2,0	0,93
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,43
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,01
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	.....	0,74
Plata (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,01
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,36
Bromo (Br)	mg/L	.....	0,01
Boro (B)	mg/L	2,0	1,48
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,01
Cromo Total (Cr)	mg/L	.....	0,24
Oxígeno Disuelto (O ₂)	mg/L	.....	1,48
Coliformes Totales	NMP/100 mL	.....	12012,75
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000	7432,75
Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100	751,10
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg/L	200	1229,21

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

De acuerdo a los análisis realizados se puede observar que las concentraciones de sólidos totales son iguales a 2502,59 mg/L; sólidos suspendidos con 331,94 mg/L; nitrógeno total con 74,40 mg /L; coliformes fecales 7432,75 NMP/100ml; DBO₅ 751,10 mg/L, DQO con 1229,21 mg/L; muestran que estos valores se encuentran fuera de los límites máximos permisibles que se encuentran estipulados en el acuerdo ministerial 097A reformativo del TULSMA expedido el 4 de noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

3.2.6 Determinación de variables para el redimensionamiento

3.2.6.1 Índice de biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad representa la relación entre la DBO_5/DQO , y es indispensable para la determinación de la tratabilidad de diferentes efluentes, los mismos que puede ser sometidos a procesos físico-químicos o biológicos, de acuerdo al valor que se obtiene de tal relación, como se indica a continuación: (RIGOLA LAPEÑA , 1990)

Tabla 6-3: Relación entre parámetros DBO_5 y DQO

	POCO BIODEGRADABLE	MEDIANAMENTE BIODEGRADABLE	MUY BIODEGRADABLE
$\frac{DBO_5}{DQO}$	<0,2	0,2 - 0,6	>0,6
Tipo de tratamiento recomendado	Físico-químico	Físico-químico – Biológico	Biológico

Fuente: (RIGOLA LAPEÑA , 1990)

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

Una vez realizada la caracterización se determinó que el promedio de la DBO_5 de las descargas fue de 750 mg/L, mientras que la DQO tuvo un valor aproximado de 1229,21 mg/L. Con dichos valores se obtuvo el índice de biodegradabilidad tal como se muestra en el siguiente resultado:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{751,10 \text{ mg/L}}{1229,21 \text{ mg/L}}$$

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,61$$

Para el agua residual que se generan en el centro de faenamiento de Guaranda, el tratamiento biológico es el más adecuado de acuerdo a RIGOLA LAPEÑA 1990, puesto que el valor obtenido de la relación DBO_5/DQO fue de 0,61 siendo las aguas muy biodegradables.

3.2.7 Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento del centro de faenamiento de Guaranda (Pruebas Piloto)

Las pruebas piloto consisten en una simulación del proceso de tratamiento que se va a implementar, para mejorar los procesos existentes dentro de un determinado sistema de tratamiento.

En el presente estudio, se consideró que a partir del cálculo del índice de biodegradabilidad obtenido anteriormente, se procede a implementar a escala de laboratorio un reactor biológico SBR con sus operaciones unitarias complementarias, en el cual se simulan dichos procesos a partir de la utilización de 3 contenedores de 16 Litros de capacidad (34 cm de altura y 26 cm de diámetro), donde el primero representó al Reactor Biológico a implementar, mientras que el segundo y el tercero corresponderán al tanque de sedimentación y desinfección respectivamente.

En el primer tanque se colocaron 10 litros de agua residual del camal y se insufló oxígeno al interior del mismo, mediante un sistema de compresión por un tiempo de 6 horas al día (aireación prolongada), el cual permite la homogenización, oxigenación y mezclado del agua residual con los nutrientes, favoreciendo al crecimiento microbiano que se encargará de la degradación de la materia orgánica (Véase gráfico 1). Posteriormente en el siguiente contenedor se realizó un proceso de decantación que consistió en la separación de los sólidos generados en el reactor biológico y que permita la remoción de la turbiedad, además de clarificar el agua digestada (Véase gráfico 2). A continuación en el siguiente contenedor se simuló al proceso de desinfección que consistió en la dosificación de Hipoclorito de calcio, para la eliminación de patógenos presentes en el agua tratada. (Véase gráfico 3).



Figura 2-3: Reactor Biológico

Realizado por: Carrillo Karen, 2017



Figura 3-3: Decantador Secundario

Realizado Por: Carrillo Karen, 2017



Figura 4-3: Tanque de Desinfección

Realizado Por: Carrillo Karen, 2017



Figura 5-3: Simulación del proceso

Realizado Por: Carrillo Karen, 2017

Una vez simulado dichas operaciones, se realizó la caracterización del agua tratada obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 7-3: Resultados de análisis físico-químico y bacteriológicos Agua Residual del Camal

 RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO CENTRO DE FAENAMIENTO DESCARGA DEL CANTÓN GUARANDA				
PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	Promedio Muestras Simples a la Salida Tanque Sedimentación	Caracterización Final
		Lím.Max.Per		
Color	UTC	Ina. en dis	933,13	100,0
Turbiedad	NTU	.....	436,71	50,00
Ph	.....	6 a 9	8,72	6,98
Conductividad Eléctrica	mS/cm	.....	6,49	3,20
Aceites Y Grasas	mg/L	30	10,42	0,25
Tensoactivos	mg/L	0,5	0,21	0,02
Sólidos Totales	mg/L	1600	2502,59	26,98
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	130	331,94	1,21
Temperatura	° C	.....	16,45	15,93
Nitrógeno Total (N)	mg/L	50,0	74,40	11,04
Fosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	10,0	4,67	0,42
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃ -N)	mg/L	30	20,69	0,08
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1000	60,93	19,42
Fluoruros (F)	mg/L	5,0	0,53	0,50
Hierro Total (Fe)	mg/L	10,0	7,08	0,7
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,52	0,26
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,52	0,027
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	.....	741,50	180
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,06	0,01
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	1000	935,42	65,34
Níquel (Ni)	mg/L	2,0	0,93	0,16
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,43	0,012
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,01	0,006
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	.....	0,74	0,12
Plata (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,01	0,004
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,36	0,09
Bromo (Br)	mg/L	.....	0,01	0,007
Boro (B)	mg/L	2,0	1,48	0,95
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,01	0,008
Cromo Total (Cr)	mg/L	.....	0,24	0,09
Oxígeno Disuelto (O ₂)	mg/L	.....	1,48	5,87
Coliformes Totales	NMP/100 mL	.....	12013	< 1
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000	7433	< 1
Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100	751,10	18,34
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg/L	200	1229,21	36,79

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad E.P.EMAPA-G

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

Los resultados de la caracterización final demostraron que aplicando un tratamiento biológico con sus respectivas unidades complementarias, se obtuvo una reducción de los sólidos totales de 2502,59 mg/L a 26,98 mg/L, de los sólidos suspendidos totales de 331,94 mg/L a 1,21 mg/L, del nitrógeno total de 74,40 mg/L a 11,04, de los coliformes fecales de 7432,75 mg/L a <1, de la DBO₅ de 751,10 a 18,34 mg/L y de la DQO de 1229,21 a 36,79 mg/L, lo que comprueba que el tratamiento aplicado removió los contaminantes que se encontraban fuera de los límites permisibles establecidos normativa ambiental vigente.

3.2.7.1 Porcentaje de remoción

3.2.7.1.1 Remoción de sólidos totales

Tabla 8-3: Remoción sólidos totales

Caracterización Inicial	Caracterización final	Lím. Permissible	% Remoción
2502,59	26,98	1600	98,92

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

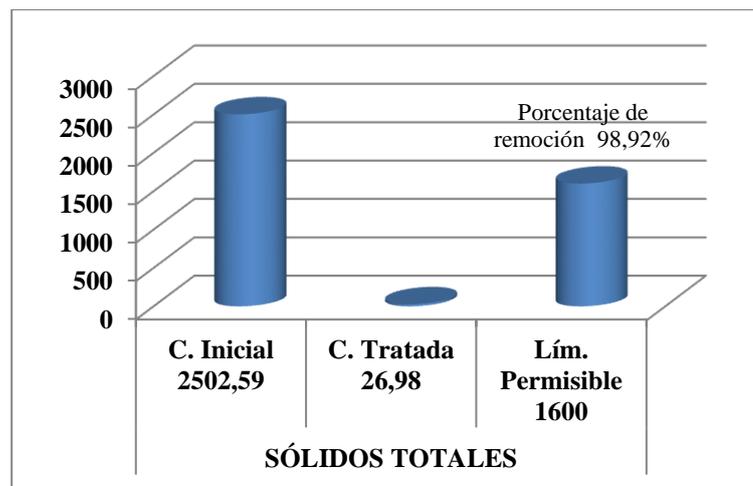


Gráfico 1-3: Remoción Sólidos totales

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

La remoción de los sólidos totales, durante el tratamiento aplicado en el laboratorio fue del 98,92%, los cuales se redujeron durante la sedimentación primaria aplicada a las aguas previas al ingreso del reactor biológico. Posteriormente se generó en la digestión aerobia un incremento en la cantidad de biomasa, lo que permite reducir el material coloidal presente en el licúame a tratar, debido a la desestabilización de las partículas suspendidas y a la aglutinación de las mismas, formando lo que se denominan flocs, que posteriormente serán removidos durante un

proceso de decantación secundaria por efecto de la gravedad, produciéndose una reducción de 2502,59 a 26,98 mg/L. (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2007)

3.2.7.1.2 Remoción sólidos suspendidos totales

Tabla 9-3: Remoción de sólidos suspendidos totales

Caracterización Inicial	Caracterización Final	Lím. Permisible	% Remoción
331,94	1,21	130	99,64

Realizado por: Carrillo Karen, 2017



Gráfico 2-3: Remoción de sólidos suspendidos totales

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

La remoción de los sólidos suspendidos totales, durante el tratamiento aplicado en el laboratorio fue del 99,64%. Esta reducción se dio principalmente en el decantador secundario, cuando la biomasa de partículas coloidales presentes en el agua se aglutinó formando los flocs durante el tratamiento en el reactor biológico, que posteriormente en el sedimentador decantan por efectos de la gravedad, reduciéndose de 331,94 a 1,21 mg/L. (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2007)

3.2.7.1.3 Remoción nitrógeno total

Tabla 10-3: Porcentaje de remoción de nitrógeno total

Caracterización Inicial	Caracterización Final	Lím. Permisible	% Remoción
74,4	30,00	50,00	59,68

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

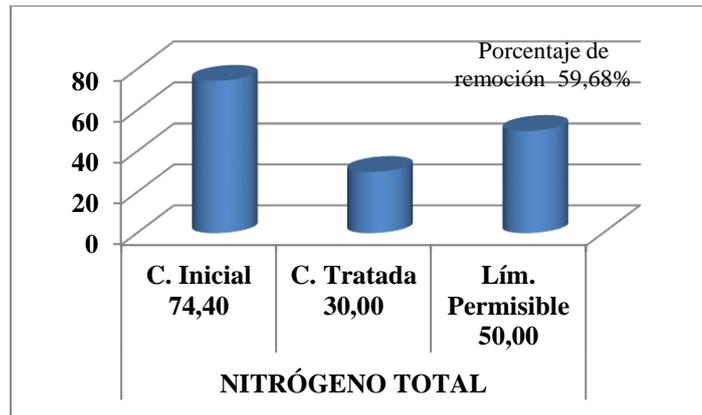


Gráfico 3-3: Remoción nitrógeno total

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

El porcentaje de remoción de nitrógeno total durante el tratamiento aplicado en el laboratorio fue del 59,68%, debido a que los microorganismos presentes en el reactor biológico, generarán un proceso de nitrificación que oxidó al nitrógeno orgánico en nitrato, lo que posteriormente ayudó a su reducción de 74,40 a 30,00 mg/L. (ROMERO , 2005)

3.2.7.1.4 Remoción coliformes fecales

Tabla 11-3: Porcentaje de remoción de coliformes fecales

Caracterización Inicial	Caracterización final	Lím. Permisible	% Remoción
7432,75	1,00	2000,00	99,99

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

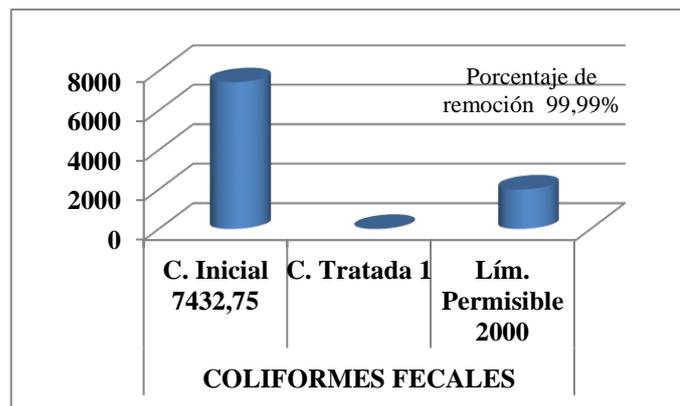


Gráfico 4-3: Remoción de coliformes totales

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

La remoción de los coliformes fecales durante el tratamiento aplicado en el laboratorio fue del 99,99%; el mismo que se dio gracias al proceso de desinfección, que consistió en la dosificación

de Hipoclorito de Calcio en una concentración de 8 mg/L, reduciéndose de 7432,75 a <1 NPM/100 mL. (OLIVACARODOVESA, 2006), (METCALF, y otros, 1995)

3.2.7.1.5 Remoción de la DBO₅

Tabla 12-3: Porcentaje de remoción de la DBO₅

Caracterización Inicial	Caracterización Final	Lím. Permisible	% Remoción
751,10	18,34	100,00	97,56

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

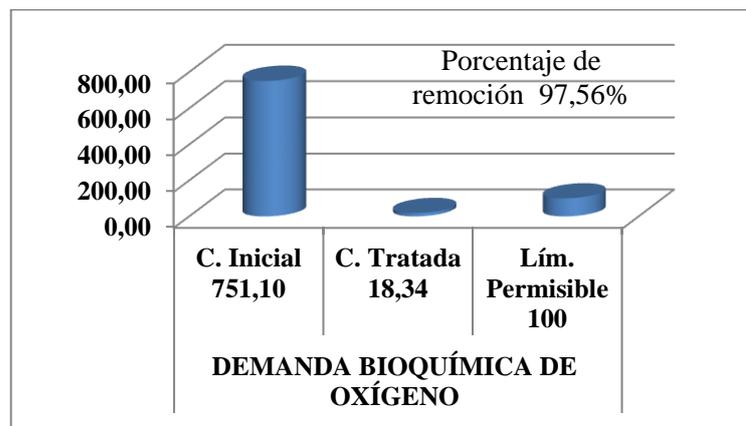


Gráfico 5-3: Remoción DBO₅

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

La remoción de la DBO₅ durante el tratamiento aplicado en el laboratorio fue del 97,56%, esto debido a que el agua residual pasa por el tanque de sedimentación primario en donde se remueve de un 25% a 40% dicho parámetro. Posteriormente en el reactor biológico durante el proceso de digestión aerobia, se consume la materia orgánica y se transforma en la biomasa y CO₂, reduciéndose de 751,10 a 18,34 mg/L. (UNIVERSIDAD DE CORUÑA, 2016), (MOTA, 2011).

3.2.7.1.6 Remoción DQO

Tabla 13-3: Porcentaje de remoción DQO

Caracterización Inicial	Caracterización Final	Lím. Permisible	% Remoción
1229,21	36,79	200,00	97,01

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

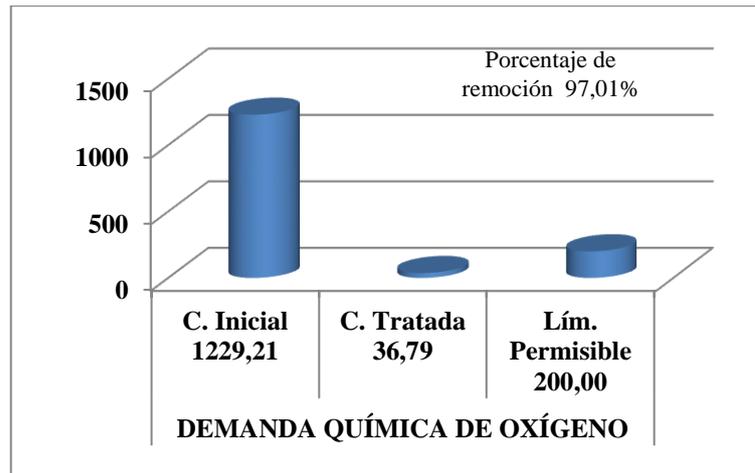


Gráfico 6-3: Remoción DQO

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

La remoción de la DQO durante el tratamiento aplicado en el laboratorio fue del 97,01% debido principalmente a la remoción que se generó tanto en el tanque de sedimentación como en el reactor biológico, donde en la sedimentación primaria se reduce una parte de dicha concentración debido a la precipitación de material orgánico oxidable, tal como sucede en la DBO_5 . Posteriormente en el reactor biológico con el proceso de oxigenación del agua, se generó la oxidación tanto de la materia biodegradable como de la materia no biodegradable, generándose una reducción de la DQO de 1229,21 a 36,79 mg/L. (UNIVERSIDAD DE CORUÑA, 2016).

3.2.8 Rediseño del Sistema de Tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento

El rediseño consiste en la implementación de operaciones unitarias complementarias, que favorezcan la tratabilidad de efluentes en un sistema de tratamiento instalado. El funcionamiento de la planta de tratamiento actual del centro de faenamiento de Guaranda, es deficiente si consideramos la caracterización del agua residual, al finalizar el proceso de sedimentación, por lo que para reducir los parámetros que se encuentran fuera de la normativa, es importante considerar la implementación de dichas unidades complementarias, por lo que se parte de la determinación de ciertos parámetros de diseño que vendrán explicados a continuación:

3.2.8.1 Cálculo de la población futura

Para la determinación de la población futura se utilizó el método geométrico, que consiste en la relación entre la tasa de crecimiento poblacional geométrico y la población actual a un tiempo de vida de n años (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS , 2010) tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

Ecuación 1

Dónde:

Pa: Población actual; 27236 habitantes (*Según Proyección INEC 2017*)

r: Índice de crecimiento anual; 1,9%

t: Período de diseño; 15 años

$$Pf = 27236 (1 + 0,019)^{15}$$

$$Pf = 36121 \text{ Habitantes}$$

3.2.8.2 Caudal de diseño

Una vez realizado el aforo se obtuvo que el caudal generado por el centro de faenamiento es de 2,57 L/s en promedio, por lo que para obtener el cálculo del caudal por bovino faenado se parte del caudal promedio y del número de bovinos faenados al día, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14-3: Datos del cálculo caudal de diseño

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal Promedio	37008	L/día
	154,2	L/min
	2,57	L/s
Promedio de bovinos faenados al día	17	Bovinos

Realizado Por: Carrillo Karen, 2017

Para determinar el caudal diario generado por el centro de faenamiento se considera una jornada de 4 horas de trabajo, tal como se observa en la siguiente ecuación.

$$Q_P = Q_{Af} * \frac{\text{Jornada de trabajo}}{\text{día}}$$

Ecuación 2

$$Q_P = 2,57 \frac{L}{s} * \frac{4h}{día} * \frac{3600 s}{1h}$$

$$Q_P = 37008 \text{ L/día}$$

Una vez realizado el cálculo, se obtuvo que el caudal diario es de 37008 L/día, valor que se obtiene del producto entre el caudal y la jornada diaria como se observa en la ecuación anterior.

- **Caudal por bovino faenado, C_B :**

Para determinar el caudal por bovino faenado se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_B = \frac{\text{Caudal Promedio}}{\# \text{ Bovinos Faenados}}$$

Ecuación 3

Dónde:

C_B : Caudal por Bovino (L/día)

Caudal Promedio: 37008 L/día (*Dato obtenido de la Ecuación 2*)

Promedio Bovinos Faenados: 17 Bovinos/día (*Dato obtenido de la Tabla 15-3*)

$$C_B = \frac{37008 \text{ L/día}}{17 \text{ Bovinos/día}}$$

$$C_B = 2176,94 \text{ L/Bovino}$$

- **Índice consumo de carne, ICC:**

El consumo de carne de bovino presenta un índice de consumo menor en los últimos 10 años, debido al consumo de otras fuentes de proteínas de origen animal a precios más económicos. En 2007 y 2016 la producción mundial de carne creció a una tasa promedio anual de 0,3%,

esperándose que en el año 2017 ascienda a un nivel récord de 61,3 millones de toneladas, lo que representaría un aumento anual del 1,4%”. (FLORES RICO, 2017).

Para determinar el ICC, otro dato adicional es el peso promedio del ganado que se obtuvo de acuerdo a VALERIO, 2011 que establece una media de 500 Kg por bovino, lo que representa un peso total de 1100 lb por bovino. Véase la siguiente tabla:

Tabla 15-3: Datos peso promedio del ganado

Peso promedio del ganado	500	<i>Kg</i>
	1100	<i>lb/Bovino</i>

Fuente: (VALERIO , 2011)

Realizado Por: Karen Carrillo 2016

Es importante considerar que de acuerdo al peso global del ganado, apenas el 45% corresponde a carne que será utilizada para la comercialización, y el 55% restante corresponderá a estructuras óseas, vísceras, sangres, de la masa total del bovino, por lo que para el ICC se considera la siguiente ecuación.

$$500 \text{ Kg} - 55\% \text{ de la masa total del bovino} = 225 \text{ kg}$$

Ecuación 4

$$225 \text{ kg} = 495 \text{ lb}$$

De acuerdo a la ecuación 4 del total del bovino faenado se tiene que aproximadamente 495 lb corresponderán a carne que será utilizada para el cálculo del ICC, tal como se establece la siguiente ecuación:

$$ICC = \#Bovinos \text{ Faenados} * \text{Peso promedio del Ganado}$$

Ecuación 5

Dónde:

ICC: Índice consumo de carne (lb/día)

Promedio Bovinos Faenados: 17 Bovinos/día (*Dato considerado de la Tabla 15-3*)

Peso promedio de carne obtenida del ganado: 495 lb/Bovino (*Dato obtenido de la Ecu. 4*)

$$ICC = 17 \text{ Bovinos/día} * 495 \text{ lb/Bovino}$$

$$ICC = 8415 \text{ lb /día}$$

Una vez utilizadas las ecuaciones del ICC, se obtuvo que el índice de consumo de carne en la ciudad de Guaranda es de aproximadamente 8415 lb/día, lo que servirá para el cálculo del índice de consumo per cápita. Tal como se muestra a continuación.

- **Índice de consumo de carne per cápita , *ICH*:**

Para determinar el índice de consumo per cápita se utiliza la siguiente ecuación:

$$ICH = \frac{ICC}{Población Actual}$$

Ecuación 6

Dónde:

ICH: Índice de consumo de carne por habitante (lb/Hab*día)

ICC: Peso promedio de carne obtenida del ganado; 8415 lb/día

Población Actual: 27236 Hab

$$ICH = \frac{8415 \text{ lb / día}}{27236 \text{ Hab}}$$

$$ICH = 0,31 \frac{\text{lb}}{\text{Hab} * \text{día}} \rightarrow 51,32 \frac{\text{Kg}}{\text{Hab} * \text{año}}$$

El Ecuador es un país en vías de desarrollo, razón por la cual se encuentra dentro del grupo de países con el menor índice de consumo de carne por habitante, en donde factores como la disponibilidad, el precio, los niveles socioeconómicos, hábitos, tradiciones culturales y el número de habitantes, juega un papel importante en dicho consumo. En el mundo hay más de 20 países en desarrollo cuyo consumo per cápita de carne es inferior a 60 kilogramos al año, en comparación con el promedio de 120 Kg entre los países desarrollados. Lo que indica que el Ecuador se encuentra dentro del rango de consumo de carne por habitante siendo de 51,32 kg, similares a países como Bolivia con 48 kg, Panamá con 52 Kg, Guatemala 50 Kg, entre otros (SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA, 2016)

- **Demanda futura de carne, *DF*:**

Para determinar la demanda futura de carne, se utiliza la siguiente ecuación:

$$DF = \frac{\text{Población Futura} * ICH}{\text{Peso promedio de carne obtenida del ganado}}$$

Ecuación 7

Dónde:

DF: Demanda futura de carne (Bovino/día)

Población Futura: 36121 Hab. (Según proyección INEN 2010)

ICH: Índice de consumo de carne por habitante; 0,31 (lb /Hab*día)

Peso promedio de carne obtenida del ganado: 495 lb/Bovino

$$DF = \frac{36121 \text{ Hab} * 0,31 \frac{\text{lb}}{\text{Hab} * \text{día}}}{495 \frac{\text{lb}}{\text{Bovino}}}$$

$$DF = 22,54 \cong 23 \text{ Bovinos/día}$$

▪ **Caudal Futuro, CF:**

Para determinar el caudal futuro de agua residual generada por el centro de faenamiento de Guaranda, se considera la siguiente ecuación:

$$QF = DF * CB$$

Ecuación 8

Dónde:

QF: Caudal futuro (L/s)

DF: Demanda futura de carne; 22,54 (Bovinos/día)

CB: Caudal por Bovino; 2176,94 (L/Bovino)

$$QF = 22,54 \text{ Bovinos/día} * 2176,94 \text{ L/Bovino}$$

$$QF = 49068,25 \text{ L/día}$$

$$QF = 3,41 \text{ L/s}$$

Nota: Es importante señalar que para el cálculo del caudal diario en L/s es necesario considerar que la jornada diaria de faenamiento es de 4 horas, por lo que el caudal obtenido de 3,41L/s.

3.2.9 Cálculos de las operaciones unitarias a implementarse en el sistema actual

3.2.9.1 Rejillas

Las rejillas son unidades formadas por barras metálicas paralelas espaciadas, pueden ser rectas o curvadas, su principal función es impedir el paso de sólidos gruesos que se encuentran en el agua residual y partículas en suspensión, las rejillas constituyen unidades de pretratamiento. (LOTHAR HESS, 2007)



Figura 6-3: Sistema de rejillas

Fuente: (Tama, 2016)

Para el diseño de un sistema de rejillas se considera ciertos criterios específicos como por ejemplo: el ángulo de inclinación, separación entre barras, espesor de las barras entre otros, como se menciona a continuación:

Tabla 16-3: Criterios de diseño para las rejillas de limpieza manual

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	UNIDAD	RANGO ÓPTIMO
Separación entre barras	S	m	0,015 – 0,05
Espesor de las barras (e)	E	m	0,01 - 0,02
Velocidad antes de la reja	v	m/s	0,30 - 0,60
Pendiente del ángulo de inclinación	α	°	30 – 45
Perdida de carga admisible	H	m	0,75

Fuente: (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2000)

3.2.9.1.1 Dimensionamiento del sistema de rejillas

Para el dimensionamiento de las rejillas se parte de la determinación de ciertos parámetros que vienen explicados a continuación:

- **Área libre del paso de agua, A_L :**

Para la determinación del área libre del paso de agua se consideró la siguiente ecuación:

$$A_L = \frac{Q}{v}$$

Ecuación 9

Dónde:

A_L : Área libre del paso de agua (m^2)

Q : Caudal; $3,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

v : Velocidad antes de la reja; $0,60 \text{ m/s}$ (*Dato obtenido de la tabla 17-3*)

$$A_L = \frac{3,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0,60 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 5,68 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- **Altura del tirante en el canal, $h_{a'}$:**

Para la determinación de la altura del tirante en el canal se consideró la siguiente ecuación:

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 10

Dónde:

$h_{a'}$: Altura del tirante en el canal (m)

A_L : Área libre del paso de agua; $5,68 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

B : Ancho del canal (m); $0,5 \text{ m}$ (*Dato considerado del canal existente en el sistema de tratamiento actual del centro de faenamiento*)

$$h_{a'} = \frac{5,68 \times 10^{-3} \text{ m}^2}{0,50 \text{ m}}$$

$$h_{a'} = 0,01 \text{ m}$$

- **Longitud de las barras, L_b :**

Para determinar la longitud de las barras a utilizar dentro del sistema de rejillas se utiliza la siguiente la siguiente expresión:

$$L_b = \frac{h_a}{\text{Sen } \alpha}$$

Ecuación 11

Dónde:

L_b : Longitud de las barras (m)

h_a : Altura del tirante de construcción : 0,50 m (*Dato obtenido del canal existente en el sistema de tratamiento del centro de faenamiento*)

α : Ángulo de inclinación de las barras: 45° (*Dato obtenido de la Tabla 17-3*)

$$L_b = \frac{0,50 \text{ m}}{\text{Sen } 45^\circ}$$

$$L_b = 0,71 \text{ m}$$

- **Número de barras, N_b :**

El número de barras necesarias para el sistema de rejillas se determinó a partir de:

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

Ecuación 12

Dónde:

B : Ancho del canal; 0,5 m (*Dato considerado del canal existente en el sistema de tratamiento actual del centro de faenamiento*)

S: Separación entre las barras; 0,05 m (*Dato obtenido de la Tabla 17-3*)

e: Espesor de las barras ; 0,01 m (*Dato obtenido de la Tabla 17-3*)

$$N_b = \frac{0,5 \text{ m}}{0,05 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}$$

$$N_b = 8,33 \cong 8 \text{ barras}$$

• **Pérdida de carga, H:**

Para la determinación de la pérdida de carga se realiza el cálculo utilizando el coeficiente de pérdida de rejilla dependiendo de su forma, en nuestro caso se consideró una rejilla tipo A rectangular, por lo que el valor β será obtenido a partir de la siguiente tabla:

Tabla 17-3: Coeficiente de pérdida para rejillas

SECCION TRANSVERSAL							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2000)

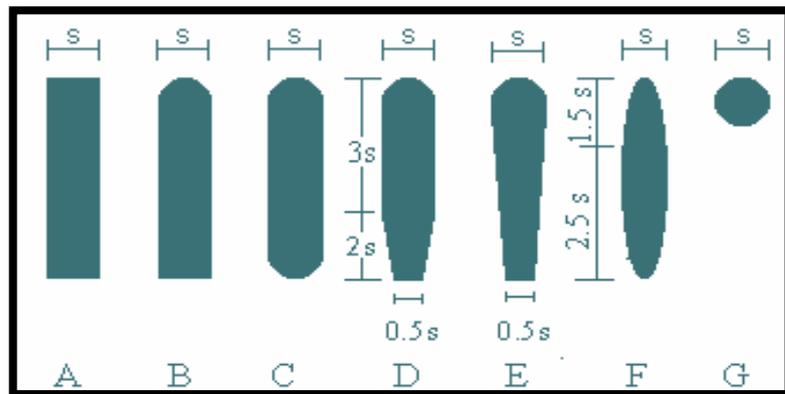


Figura 7-3: Diferentes formas de rejillas

Fuente: (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2000)

Una vez definida la forma de la rejilla, se procedió a realizar el cálculo de pérdida de carga, a partir de la siguiente ecuación:

$$H = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{Sen } \alpha$$

Ecuación 13

Dónde:

β: Factor dependiente de la forma de barras (adimensional): 2,42 (*Dato obtenido de la Tabla 18-3*)

S: Separación entre las barras; 0,05 m (*Dato obtenido de la Tabla 17-3*)

e: Espesor de las barras; 0,01 m (*Dato obtenido o de la Tabla 17-3*)

v: Velocidad antes de reja; 0,60 m/s (*Dato obtenido de la Tabla 17-3*)

g: Gravedad; 9,8 m²

α: Ángulo de inclinación de las barras; 45° (*Dato obtenido de la Tabla 17-3*)

$$H = 2,42 \left(\frac{0,05 \text{ m}}{0,01 \text{ m}} \right)^{4/3} \left(\frac{0,60^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \right) \text{Sen } 45$$

$$H = 0,27 \text{ m}$$

3.2.9.2 *Procesos Biológicos*

3.2.9.2.1 *Reactor Biológico*

Un reactor biológico es un sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo, en el cual se lleva a cabo procesos bioquímicos que involucran microorganismos o sustancias químicamente activas. Este proceso puede ser aeróbico o anaerobio. (UNIVERSIDAD VERACRUZANA, 2017)

3.2.9.2.1.1 *Reactor Biológico Secuencial (SBR)*

Son reactores discontinuos que no reciben flujo constante mientras se encuentran en funcionamiento, una vez que son cargados se deja reaccionar y se descarga el agua tratada. Estos reactores son agitados continuamente durante el período de reacción, de forma que el contenido del reactor es homogéneo para un tiempo determinado. (FERRER POLO, y otros, 2007)

3.2.9.2.1.2 *Dimensionamiento Reactor Biológico Secuencial (SBR)*

Para el dimensionamiento del reactor biológico secuencial SBR, se requieren ciertos parámetros obtenidos anteriormente y que se presentan a continuación:

Tabla 18-3: Datos para dimensionamiento del Reactor SBR

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Caudal diseño	Q_d	$m^3/día$	49,19
Concentración diaria de DBO_5	L_0	Kg/m^3	0,751
Concentración de sólidos suspendidos en licor de mezcla	X	Kg/m^3	1,23
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	331,94
Salinidad	-	g/L	2,50

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

Considerando los parámetros antes mencionados y en función a la carga que presenta el reactor, se obtiene la carga másica de acuerdo a los siguientes criterios: Véase tabla 20-3

Tabla 19-3: Carga Másica típica

PROCESO	CM= Kg DBO5/Kg SSLM * día		
	$T < 20^\circ C$	$T = 20^\circ C$	$T > 20^\circ C$
Alta carga	1,2 - 2,0	1,5 - 2,3	3,5 - 4,5
Convencional	0,15 - 0,40	0,20 - 0,45	0,25 - 0,60
Oxidación total	$\leq 0,07$	$\leq 0,10$	$\leq 0,12$

Fuente: (FERRER POLO, y otros, 2007)

Al tratarse de un reactor tipo SBR con flujo discontinuo, que será alimentado con agua de elevada carga orgánica la carga másica (Cm) será igual a 2 Kg DBO₅/Kg SSLM * día, garantizándose una reducción del volumen del reactor de acuerdo a la ecuación 14.

▪ **Volumen del reactor, V_R :**

Para la determinación del volumen del reactor se considera la siguiente expresión:

$$V_R = \frac{Q_D * L_0}{X * C_m}$$

Ecuación 14

Dónde:

V_R : Volumen del Reactor (m^3)

Q_d : Caudal; 49,19 $m^3/día$ (Dato obtenido de la Tabla 19-3)

L_0 : Concentración diaria de DBO_5 total de entrada al reactor; 0,75 Kg/m^3 (Dato obtenido de la Tabla 19-3)

X: Concentración de sólidos en suspensión en el licor mezcla; 123 Kg/m³ (Dato obtenido de la Tabla 19-3)

CM: Carga másica; 2 Kg DBO₅/Kg SSLM * día (Dato obtenido de la Tabla 20-3)

$$V = \frac{49,19 \text{ m}^3/\text{día} * 0,751 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3}{1,23 \text{ Kg SSLM}/\text{m}^3 * 2 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg SSLM}/\text{día}}$$

$$V = 15 \text{ m}^3$$

▪ **Tiempo de retención, T_r :**

Para la determinación del tiempo de retención se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_r = \frac{V_R}{Q}$$

Ecuación 15

Dónde:

T_r : Tiempo de retención (h)

V_R : Volumen del Reactor; 15,02 m³

Q_d : Caudal diseño; 49,19 m³/día

$$T_r = \frac{15,02 \text{ m}^3}{49,19 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$T_r = 0,31 \text{ día}$$

$$T_r = 7,33 \text{ h}$$

▪ **Carga volumétrica, C_v :**

Una vez obtenido el volumen del reactor se determinó la carga volumétrica a partir de la siguiente ecuación:

$$C_v = \frac{L_0 * Q_D}{V_R}$$

Ecuación 16

Dónde:

C_v: Carga volumétrica; (Kg DBO₅/m³ * día)

Q_D: Caudal; 49,19 m³/día

L_O: Concentración diaria de DBO₅ total de entrada al reactor; 0,751 Kg/m³

V_R: Volumen del Reactor; 15,02 m³

$$C_v = \frac{0,751 \text{ Kg/m}^3 * 49,19 \text{ m}^3/\text{día}}{15,02 \text{ m}^3}$$

$$C_v = 2,46 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3 \text{ día}$$

- **Edad del fango, *Ef*:**

Para la determinación de la edad del fango se considera la siguiente ecuación:

$$Ef = \frac{1}{0,2Cm + Cm^{1,445}}$$

Ecuación 17

Dónde:

Ef: Edad de fango (días)

CM: Carga másica; 2 Kg DBO₅/Kg SSLM * día

$$Ef = \frac{1}{0,2(2) + 0,6^{1,445}}$$

$$Ef = 0,88 \text{ días}$$

- **Necesidad teórica de oxígeno en síntesis**

Para determinar la necesidad teórica de oxígeno en síntesis, se parte de la edad de fango obtenida anteriormente, la misma que es utilizada en la siguiente expresión:

$$ON_{síntesis} = a * X_{DBO_5}$$

Ecuación 18

Dónde:

X: Concentración diaria de DBO₅ total de entrada al reactor 0,751 KgDBO₅/día (*Dato obtenido de la Tabla 19-3*)

a: Coeficiente de síntesis que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$a = 0,50 + 0,001 Ef$$

Ecuación 19

Dónde:

a: Coeficiente de síntesis (Kg O₂/Kg DBO₅)

Ef: Edad de fango (días); 0,88 días

$$a = 0,50 + 0,001 (0,88)$$

$$a = 0,51 \frac{KgO_2}{KgDBO_5}$$

Una vez obtenido el coeficiente de síntesis (**a**) se procede a calcular la necesidad teórica de oxígeno en síntesis, a partir de:

$$ON_{síntesis} = a * X_{DBO_5}$$

$$ON_{síntesis} = 0,51 \frac{KgO_2}{KgDBO_5} * 0,751 \frac{KgDBO_5}{día}$$

$$ON_{síntesis} = 0,38 \frac{KgO_2}{día}$$

▪ **Necesidad teórica de oxígeno endogénesis**

Para determinar la necesidad teórica de oxígeno en endogénesis se parte de la siguiente expresión:

$$ON_{endogénesis} = b * X_{DBO_5}$$

Ecuación 20

Dónde:

X: Concentración diaria de DBO₅ total de entrada al reactor 0,751 KgDBO₅/día (*Dato obtenido de la Tabla 19-3*)

b: Coeficiente de endogénesis que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$b = \frac{0,13Ef}{1 + 0,16Ef}$$

Ecuación 21

Dónde:

b: Coeficiente de endogénesis (Kg O₂/Kg DBO₅)

Ef: Edad de fango (días); 0,88 días

$$b = \frac{0,13 * 0,88}{1 + (0,16 * 0,88)}$$

$$b = 0,10 \text{ KgO}_2/\text{KgDBO}_5$$

Una vez obtenido el coeficiente de endogénesis (**b**) se procede a calcular la necesidad teórica de oxígeno en endogénesis.

$$ON_{endogénesis} = b * X_{DBO_5}$$

$$ON_{endogénesis} = 0,10 \text{ KgO}_2/\text{KgDBO}_5 * 0,751 \text{ KgDBO}_5/\text{día}$$

$$ON_{endogénesis} = \frac{0,08 \text{ KgO}_2}{\text{día}}$$

- **Necesidad de oxígeno teórica de síntesis, OP:**

Para determinar la necesidad oxígeno teórica de síntesis se aplica la siguiente ecuación:

$$OP = 0,45P + 55$$

Ecuación 22

Dónde:

OP: Necesidad de oxígeno punta (Kg O₂/día)

P: Porcentaje de oxígeno presente en el aire 21 %

$$OP = 0,45(0,21\%) + 55$$

$$OP = 55,09 \text{ KgO}_2/\text{día}$$

Por lo tanto:

$$\text{Necesidad de síntesis} = 0,51 \text{ KgO}_2/\text{día} + 55,09 \text{ KgO}_2/\text{día}$$

$$\text{Necesidad de síntesis} = 55,6 \text{ KgO}_2/\text{día}$$

- **Oxígeno en punta global, ON_{punta} :**

Para la determinación del oxígeno en punta global fue necesario recabar tanto la necesidad de oxígeno en síntesis y la necesidad de oxígeno en endogénesis, por lo que se utiliza la siguiente ecuación:

$$ON_{punta} = ON_{síntesis} + ON_{endogénesis}$$

Ecuación 23

Dónde:

$ON_{síntesis}$: Necesidad teórica de oxígeno síntesis (Kg O₂/día)

$ON_{endogénesis}$: Necesidad teórica de oxígeno endogénesis (Kg O₂/día)

$$ON_{punta} = (55,6 + 0,08) \text{ KgO}_2/\text{día}$$

$$ON_{punta} = 55,68 \text{ KgO}_2/\text{día}$$

- **Transferencia de Oxígeno real**

En un reactor biológico para alcanzar una transferencia de oxígeno real, apropiado al agua a tratar se considera concentraciones de oxígeno disuelto tal como se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 20-3: Saturación de oxígeno en agua

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA mg/l	
Temperatura (°C)	Concentración de oxígeno disuelto (ppm)
13	10,6
14	10,4
15	10,2
16	10
17	9,7
18	9,5
19	9,4
20	9,2

Fuente: (METCALF, y otros, 1995)

Además existen otros datos requeridos para determinar la transferencia de oxígeno real, que vienen determinadas a continuación:

Tabla 21-3: Datos para transferencia de oxígeno en condiciones normalizadas

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Temperatura del medio	T	15	°
Presión	P	760	mmHg
		10,332	mca
		1,013	bar
Concentración media en oxígeno en el tanque de aireación:	Cx	2	mg/L
-Sin nitrificación			
-Con nitrificación	Cx	3	mg/L
Contenido de oxígeno en el aire		21	%
Profundidad de inmersión del difusor	P	3-6	M
Coefficiente de seguridad		10	%

Fuente: (RONZANO, y otros, 1995)

Para el cálculo de la transferencia de oxígeno real se utiliza la siguiente ecuación:

$$OR = \frac{ON}{K_t}$$

Ecuación 24

Dónde:

OR: Transferencia de Oxígeno Real; KW

ON: Oxígeno en Punta final; 2,69 Kg O₂/día

K_t: Coeficiente de transferencia de oxígeno total, obtenido a partir de la siguiente ecuación:

$$K_t = K_{t1} + K_{t2} + K_{t3}$$

Ecuación 25

Dónde:

K_{t1}, K_{t2}, y K_{t3}: Son coeficientes de transferencia de oxígeno parciales que se obtienen a continuación.

- **Coeficiente, K_{t1}:**

Para el cálculo del coeficiente K_{t1} se utiliza la siguiente expresión:

$$K_{t1} = \frac{C_{st} - C_x}{C_s}$$

Ecuación 26

Dónde:

C_s: Concentración de saturación de oxígeno en el tanque de aireación; 10,2 mg/L (*Dato obtenido de la tabla 21-3*)

C_x: Concentración media de oxígeno en el tanque de aireación; 2 mg/L (*Dato obtenido de la tabla 22-3*)

C_{st}: Concentración total de oxígeno; Se obtiene a partir de la siguiente Ecuación:

$$C_{ST} = C_s * \beta * C_p * C_A$$

Ecuación 27

Dónde:

C_{ST}: Concentración de oxígeno total; (mg/L)

Cs: Concentración de saturación de oxígeno en el tanque de aireación; 10,2 mg/L

β : 0,98 Para salinidad <3 g/L

Salinidad: 62502,59 mg/L \rightarrow 2,50 g/L

C_p: Coeficiente C_p

C_A: Corrección que tiene en cuenta la altura del agua en el tanque de aireación

▪ **Cálculo de C_p**

Para obtener el valor de C_p se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_p = 1 - 0,111 \left(\frac{\text{altitud}}{1000} \right)$$

Ecuación 28

Dónde:

Altitud: 2668 msnm (*Dato considerado de la tabla de características físicas del Cantón Guaranda*)

$$C_p = 1 - 0,111 \left(\frac{2668}{1000} \right)$$

$$C_p = 0,70$$

▪ **Cálculo de C_A**

Para obtener el valor de C_A se utiliza la siguiente expresión:

$$C_A = \frac{C_{sm}}{C_s}$$

Ecuación 29

Dónde:

C_A: Corrección que tiene en cuenta la altura del agua en el tanque de aireación; (mg/L)

Cs: Concentración de saturación de oxígeno en el tanque de aireación; 10,2 mg/L

C_{sm} Concentración de saturación media; (mg/L)

Para el cálculo de C_A se debe calcular una serie de coeficientes que se muestra a continuación:

- **Coefficiente de saturación media, C_{Sm}**

Para obtener el valor de C_{Sm} se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{Sm} = \frac{C_{sf} + C_{ss}}{2}$$

Ecuación 30

Dónde:

C_{Sm} Concentración de saturación media (mg/L)

C_{ss} : Concentración en la superficie; 8,95 mg/L

C_{sf} : Concentración de saturación media; 13,16 mg/L

Para el cálculo del coeficiente de saturación media se debe calcular la concentración en la superficie (C_{ss}) y la concentración de saturación media (C_{sf}) que se muestran a continuación:

- **Concentración de saturación media, C_{sf} :**

Para determinar la concentración de saturación media se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{sf} = C_s \left(\frac{10,33 + P}{10,33} \right)$$

Ecuación 31

Dónde:

C_{sf} : Concentración de saturación media (mg/L)

C_s : Concentración de saturación de oxígeno en el tanque de aireación; 10,2 mg/L

P : Profundidad de inmersión del difusor; 3 m (*Dato obtenido de la tabla 22-3*)

$$C_{sf} = 10,2 \left(\frac{10,33 + 3}{10,33} \right)$$

$$C_{sf} = 13,16 \text{ mg/L}$$

- **Concentración en la superficie, C_{ss} :**

Para determinar la concentración de saturación media se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{ss} = C_s \left(\frac{1 - E}{0,791 + 0,209(1 - E)} \right)$$

Ecuación 32

Dónde:

C_{ss}: Concentración en la superficie (mg/L)

C_s: Concentración de saturación de oxígeno en el tanque de aireación; 10,2 mg/L

E: Requerimiento de transferencia de oxígeno, se calcula a partir de la siguiente expresión:

- **Requerimiento de transferencia de oxígeno, E:**

Para determinar la concentración en la superficie se debe obtener el valor de requerimiento de transferencia de oxígeno (E), que se muestra a continuación:

$$E = 0,05P$$

Ecuación 33

Dónde:

E: Requerimiento de transferencia de oxígeno

P: Profundidad de inmersión del difusor; 3 m

$$E = 0,05(3)$$

$$E = 0,15$$

Con los valores antes obtenidos en las ecuaciones 31 y 32 se realiza el cálculo de la concentración en la superficie (C_{ss}):

$$C_{ss} = C_s \left(\frac{1 - E}{0,791 + 0,209(1 - E)} \right)$$

Ecuación 34

$$C_{ss} = 10,2 \text{ mg/L} \left(\frac{1 - 0,15}{0,791 + 0,209(1 - 0,15)} \right)$$

$$C_{ss} = 8,95 \text{ mg/L}$$

El cálculo de la concentración de saturación media (**Csm**), se realiza con los valores de las ecuaciones 32 y 33, como se muestra a continuación:

$$C_{sm} = \frac{C_{sf} + C_{ss}}{2}$$

$$C_{sm} = \frac{13,16 + 8,95}{2}$$

$$C_{sm} = 11,06 \text{ mg/L}$$

Posteriormente se procede a realizar el cálculo de C_A :

$$C_A = \frac{C_{sm}}{C_s}$$

$$C_A = \frac{11,06 \text{ mg/L}}{10,2 \text{ mg/L}}$$

$$C_A = 1,08$$

Con todos los datos obtenidos anteriormente se calcula el coeficiente de saturación total:

$$C_{ST} = C_s * \beta * C_p * C_A$$

$$C_{ST} = 10,2 * 0,98 * 0,70 * 1,08$$

$$C_{ST} = 7,56 \text{ mg/L}$$

Por tanto, una vez calculado todos los coeficientes anteriores se procede a realizar el cálculo del coeficiente K_{t1} , tal como se muestra a continuación:

$$K_{t1} = \frac{C_{st} - C_x}{C_s}$$

$$K_{t1} = \frac{7,56 - 2}{10,2}$$

$$K_{t1} = 0,55$$

- **Coefficiente, K_{t2} :**

Para determinar el coeficiente K_{t2} se utiliza la siguiente expresión:

$$K_{t2} = 1,024^{T-10}$$

Ecuación 35

Dónde:

T: Influencia de la temperatura en la velocidad de disolución de oxígeno 15 °C

$$K_{t2} = 1,024^{15-10}$$

$$K_{t2} = 1,13$$

- **Coefficiente, K_{t3} :**

Para determinar el coeficiente K_{t3} , se tiene en cuenta la influencia de la temperatura a 15° C sobre C_s por lo tanto se utiliza la siguiente tabla para determinar el factor correspondiente:

Tabla 22-3: Influencia de la temperatura

TEMPERATURA	10°C	15°C	20°C
F	0,80	0,79	0,78

Fuente: (RONZANO, y otros, 1995)

$$K_{t3} = 0,79$$

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

$$K_t = 0,55 * 1,13 * 0,79$$

$$K_t = 0,49$$

- **Oxígeno real, OR :**

Para determinar la concentración de saturación media se utiliza la siguiente ecuación:

$$OR = \frac{ON}{K_t}$$

Dónde:

OR: Oxígeno real (KgO₂/ día)

ON: Oxígeno total punta; 2,69 KgO₂/ día

K_g: Coeficiente global; 0,49 (Dato obtenido de la Ecuación 24)

$$OR = \frac{2,69 \text{ KgO}_2/\text{día}}{0,49}$$

$$OR = 5,49 \text{ KgO}_2/\text{día}$$

- **Potencia a instalar, P_{cv}:**

Para determinar la potencia a instalar del compresor en el sistema de digestión aerobia, se aplica la siguiente ecuación:

$$P_{cv} = \left(\frac{0,227 * Q_{aire}}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,283} - 1 \right) * C$$

Ecuación 36

Dónde:

P: Profundidad; 3m (*Dato considerado de la tabla 22-3*)

P₁: Presión normal; 10,33 mca (*Dato considerado de la tabla 22-3*)

P₂: Presión normal considerando pérdidas

C: Coeficiente de seguridad normalmente 10% (*Dato considerado de la tabla 22-3*)

Q_{aire}: 4360 Nm³/hora

Para el cálculo de la presión normal considerando pérdidas (**P₂**) se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$P_2 = P_1 + \text{profundidad} + \text{pérdida del difusor} + \text{pérdida de tubería}$$

Ecuación 37

Dónde:

P₁: Presión normal; 10,33 mca (*Dato considerado de la tabla 22-3*)

P: Profundidad; 3m (*Dato considerado de la tabla 22-3*)

Por tanto la potencia a instalar será igual a:

$$P2 = (10,33 + 3 + 0,11 + 1,5)mca$$

$$P2 = 13,94 mca$$

$$P_{cv} = \left(\frac{0,227 * 4360}{1,04} \right) * \left(\left(\frac{13,94}{10,33} \right)^{0,283} - 1 \right) * 0,1$$

$$P_{cv} = 10,47 CV$$

$$P_{cv} = 7,70 Kw$$

- **Descarga de lodos en el Reactor SBR**

Para realizar la descarga de lodos directamente al lecho de secado se realizan los siguientes cálculos:

- **Cálculo de la Masa de Lodos para ser retirados del reactor SBR**

Para calcular la masa de lodos que serán retirados del reactor biológico SBR, y trasladarlos al lecho de secado se utilizan los siguientes parámetros, los mismos que serán útiles para realizar los cálculos respectivos:

Tabla 23-3: Parámetros para cálculo de masa de lodos

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Carga diaria de DBO ₅	K	Kg DBO ₅ /día	123
Factor de producción	Y _{X/S}	KgSSVLM / KgDBO ₅ *día	0,5 - 0,85

Fuente: (FERRER POLO, y otros, 2007)

Y_{X/S}: Se encuentra en el rango de 0,5 a 0,85 (con un valor medio de 0,74)

$$M_L = K * Y_{X/S}$$

Ecuación 38

Dónde:

M_L = Masa de lodos; (Kg SSVLM/día)

K = Carga diaria de DBO_5 ; (123 Kg DBO_5 /día)

$Y_{X/S}$ = Factor de producción; 0,74 (Kg SSVLM/ Kg DBO_5 *día)

$$M_L = 123 \frac{Kg DBO_5}{día} * 0,74 \frac{Kg SSVLM}{Kg DBO_5 / día}$$

$$M_L = 91,02 \frac{Kg SSVLM}{día}$$

- **Cálculo del Flujo Volumétrico diario de Lodos a ser descargados al lecho de secado**

A partir de cálculo de la masa de lodos que se generan en el reactor biológico, realizamos el cálculo del flujo volumétrico de los lodos que serán descargados directamente al lecho de secado.

Tabla 24-3: Parámetros para cálculo de Masa de Lodos

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Masa de lodos	M_L	Kg SSVLM/día	91,02
Densidad de los lodos a descartar	δ_L	%	0,5-2

Fuente: (FERRER POLO, y otros, 2007)

δ_L : Depende de las propiedades del lodo particular y su rango está entre **0,5%** y **2%** (con un valor más probable de **1%**).

$$Q_L = M_L * \delta_L$$

Ecuación 39

Dónde:

Q_L = Flujo Volumétrico diario de Lodos a ser descargados; (Kg SSVLM/día)

M_L = Masa de lodos; (91,02 Kg SSVLM/día)

δ_L = Densidad de los lodos a descartar; 1%

$$Q_L = 91,02 \frac{Kg SSVLM}{día} * 1\%$$

$$Q_L = 91,02 \frac{Kg \text{ SSVLM}}{\text{día}}$$

- **Inactivación de los microorganismos presentes en el lodo que se genera en el reactor biológico**

Una vez que el lodo se ha descargado del reactor biológico, al lecho de secado se realizó la inactivación de los microorganismos utilizando el Hidróxido de Calcio ($CaOH_2$) como base, generándose agua del proceso de deshidratación de los lodos, la misma que es recirculada hacia el reactor biológico y el lodo desactivado a disposición final como lo es un relleno sanitario. A continuación podemos observar cual es el tipo de dosificación para este tipo de lodo.

Tabla 25-3: Concentración y dosificación de Hidróxido de Calcio para Proceso Aeróbico

TIPO DE LODO	CONCENTRACIÓN (%)		DOSIFICACIÓN (Lb $CaOH_2$ /Lb de Sólidos secos)	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio
Lodo generado en la digestión Aeróbica	6 – 7	5,5	14 – 25	19

Fuente: (RONZANO, y otros, 1995)

3.2.9.3 Decantador secundario

La principal función de un decantador secundario, es separar los sólidos generados durante el proceso de digestión aerobia de las aguas que provienen del camal municipal de Guaranda, el mismo que representa un punto crítico en la operación de un proceso de tratamiento, puesto que el efluente que sale del sistema deberá estar clarificado y con bajo contenido en materia orgánica. (METCALF, y otros, 1995)

Para los criterios de diseño del decantador secundario, se utilizaron los siguientes valores que se expresan en la Tabla 24-3.

Tabla 26-3: Criterios de diseño para cálculos de decantador secundario

Tipo de tratamiento biológico	Carga superficial ($m^3/m^2 h$)		Carga sólidos ($Kg/m^2 h$)		Carga vertedero ($m^3/m^2 h$)		Profundidad (m)	Tiempo de retención hidráulica (h)	
	Media	Punta	Media	Punta	Media	Punta		Medio	Punta
Filtros percoladores	$\leq 0,75$	$\leq 1,7$	≤ 3	≤ 4	12	20	3-4	≥ 3	≥ 1

Fangos activados (oxidación total y nitrific.-desnitrific.)	≤0,5	≤0,9	≤1,8	≤3,2			2,4-3,6 (rec.)		
Fangos activados	≤0,8	≤1,5	≤2,5	≤4,5			3-4,5 (circ.)		

Fuente: (FERRER POLO, y otros, 2007)

Una vez considerado los criterios de diseño se procede al cálculo de las dimensiones del decantador secundario con siguientes datos:

Tabla 27-3: Cálculos de diseño para decantador secundario

CÁLCULOS DE DISEÑO			
CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Caudal actual	Q_{Actual}	9,26	m^3/h
Caudal diseño	$Q_{diseño}$	12,28	m^3/h
Sólidos Suspendidos totales en el reactor	X_{SST}	331,94	mg / L
Carga superficial en condiciones	$C_{Sactual}$	0,8	$m^3/m^2 h$
Carga superficial en condiciones	$C_{Sdiseño}$	1,5	$m^3/m^2 h$
Carga de sólidos en cond	$C_{Solactual}$	2,5	$Kg/m^2 h$
Carga de sólidos en cond	$C_{Soldiseño}$	4,5	$Kg/m^2 h$
N° Decantadores	-	1	-
N° Vertederos	-	1	-

Fuente: Carrillo Karen, 2017

3.2.9.3.1 Dimensionamiento decantador secundario

Para el dimensionamiento del decantador secundario, se realizan los siguientes cálculos que se detallan a continuación:

- **Cálculo del área total**

Para determinar el área total de un decantador secundario se calcula la carga superficial a caudal actual y caudal de diseño como se muestra a continuación:

-Carga superficial:
$$C_S = \frac{Q_d}{A} \rightarrow A = \frac{Q_d}{C_S}$$

Ecuación 40

-A caudal actual

Para determinar la carga superficial a caudal actual se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q_{Act}}{C_s}$$

Ecuación 41

Dónde:

A: Área total (m²)

Q_d: Caudal diseño; 9,26 m³/h (*Dato obtenido de la tabla 25-3*)

C_s: Carga superficial; 0,8 m³/m² h (*Dato obtenido de la tabla 24-3*)

$$A = \frac{9,26 \text{ m}^3/h}{0,8 \text{ m}^3/m^2 \text{ h}}$$

$$A = 7,41 \text{ m}^2$$

- A caudal diseño

Para determinar la carga superficial a caudal actual se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q_d}{C_s}$$

Ecuación 42

Dónde:

A: Área total (m²)

Q_d: Caudal diseño; 12,28 m³/h

C_s: Carga superficial; 1,5 m³/m² h (*Dato tomado de la tabla 24-3*)

$$A = \frac{12,28 \text{ m}^3/h}{1,5 \text{ m}^3/m^2 \text{ h}}$$

$$A = 8,19 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del área total**

Para determinar el área total de un decantador secundario se calcula la carga de sólidos a caudal actual y de diseño como se muestra a continuación:

- **Carga de sólidos:**

- **A caudal actual**

Para determinar la carga de sólidos a caudal actual se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q_{Act} * XSST}{C_{Sol}}$$

Ecuación 43

Dónde:

A: Área total (m²)

Q_{Act}: Caudal actual; 9,26 m³/h

C_s: Carga de sólido; 2,5 Kg/m²h (*Dato obtenido de la tabla 24-3*)

XSST: Sólidos Suspendidos (331,94 mg/L); 0,33 Kg/m³ (*Dato obtenido de la tabla 25-3*)

$$A = \frac{9,26 \text{ m}^3/\text{h} * 0,33 \text{ Kg}/\text{m}^3}{2,5 \text{ Kg}/\text{m}^2 \text{ h}}$$

$$A = 1,22 \text{ m}^2$$

- **A caudal futuro**

Para determinar la carga de sólidos a caudal actual se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q_d * XSST}{C_{Sol}}$$

Ecuación 44

Dónde:

A: Área total (m²)

Q_d: Caudal diseño; 12,28 m³/h

C_s: Carga de sólido; 4,5 Kg/m²h (*Dato obtenido de la tabla 24-3*)

XSST: Sólidos Suspendidos (331,94 mg/L); 0,33 Kg/m³ (Dato obtenido de la tabla 25-3)

$$A = \frac{12,28 \text{ m}^3/\text{h} * 0,33 \text{ Kg}/\text{m}^3}{4,5 \text{ Kg}/\text{m}^2 \text{ h}}$$

$$A = 0,90 \text{ m}^2$$

Para el diseño del decantador secundario se tomará el área mayor para que se cumplan los parámetros de diseño indicados en la tabla 20-3 y por ello se escoge A= 8,19 m² (FERRER POLO, y otros, 2007)

- **Dimensiones**

Para el cálculo de las dimensiones consideramos 1 decantador circular.

$$A = \frac{n * \pi * d^2}{4}$$

Ecuación 45

- **Diámetro del decantador secundario**

Para determinar el diámetro del decantador secundario se utiliza la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{4 A}{\pi * n}}$$

Ecuación 46

Dónde:

A: Área del decantador secundaria; 8,19 m²

n: Número de decantadores; 1 (Dato obtenido de la tabla 25-3)

$$d = \sqrt{\frac{4 * 8,19}{\pi * 1}}$$

$$d = 3,23 \text{ m}$$

- **Calado del decantador secundario, h :**

Tabla 28-3: Consideraciones para el calado del decantador secundario

d_{rec} (m)	h_{recom}	h_{min}
≤ 12	3,3	3
12-21	3,6	3,3
21-30	3,9	3,6
30-42	4,2	3,9
>42	4,5	4,2

Fuente: (FERRER POLO, y otros, 2007)

Para determinar el calado del decantador secundario se toma el valor del rango del diámetro calculado, siendo de 3,23m que se encuentra establecido en la tabla 26-3, y aplicando la siguiente ecuación:

$$h = h_{min} + \frac{h_{recom} - h_{min}}{d_{rec}} d$$

Ecuación 47

Dónde:

h : Calado del decantador secundario (h)

h_{rem} : Altura recomendada; 3,3m (*Dato obtenido de la tabla 26-3*)

h_{min} : Altura mínima; 3 m (*Dato obtenido de la tabla 26-3*)

d_{rec} : Diámetro recomendado; (≤ 12) m (*Dato obtenido de la tabla 26-3*)

d : Diámetro calculado; 3,23 m

$$h = 3 + \frac{3,3 - 3}{12} (3,23)$$

$$h = 3,08 \text{ m}$$

- **Volumen del decantador secundario, V :**

Para determinar el volumen del decantador secundario se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = h * \frac{\pi * d^2}{4}$$

Ecuación 48

Dónde:

V: Volumen del decantador secundario (m³)

h: Calado del decantador secundario; 3,08 m

d: Diámetro calculado; 3,23 m

$$V = 3,08 \text{ m} * \frac{\pi * 3,23^2 \text{ m}^2}{4}$$

$$V = 25,24 \text{ m}^3$$

- **Tiempo de retención hidráulico, θ :**

Para determinar el tiempo de retención hidráulico en el decantador secundario se utiliza la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{V}{Q_d/2}$$

Ecuación 49

Dónde:

θ : Tiempo de retención hidráulico (h)

V: Volumen del decantador secundario; 25,24 m³

Q_d : Caudal diseño; 12,28 m³/h (*Dato obtenido de la tabla 25-3*)

$$\theta_d = \frac{25,24 \text{ m}^3}{12,28 \text{ m}^3/\text{h} / 2}$$

$$\theta_d = 4,11 \text{ h}$$

- **Carga sobre el vertedero (C_{sv})**

Para determinar sobre el vertedero se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{sv} = \frac{Q_d/2}{n^{\circ} \text{vert} * \pi * d}$$

Ecuación 50

Dónde:

C_{sv} : Carga sobre el vertedero ($m^3/m h$)

Q_d : Caudal diseño; $12,28 m^3/h$ (*Dato obtenido de la tabla 25-3*)

$n^{\circ} \text{vert}$: Número de vertederos; 1 (*Dato obtenido de la tabla 25-3*)

$$C_{svd} = \frac{12,28 m^3/h/2}{1 * \pi * 3,23}$$

$$C_{svd} = 0,61 \text{ Si cumple } < 12m^3/m h$$

3.2.9.4 Tanque de desinfección

La desinfección del agua se refiere a la eliminación de microorganismos patógenos presentes en el agua, pudiendo ser causantes de enfermedades entéricas a lo largo del curso hídrico. (ROCHA, 2009)



Figura 8-3: Tanque de desinfección

Fuente: <http://www.arqhys.com/articulos/aguas-tratamiento.html>

Los procesos de desinfección pueden ser de dos tipos químicos y físicos, para el estudio en mención se utilizó un método químico que se basa en el proceso de cloración con la adición de cloro bajo forma de Hipoclorito de Calcio, con una dosificación que se detallará a continuación. (ROCHA, 2009)

3.2.9.4.1 Dimensionamiento del tanque de desinfección

Para el dimensionamiento del tanque de desinfección se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 29-3: Parámetros Generales

PARÁMETROS	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Tiempo de retención	T	h	1 – 4
Longitud del tanque	L	m	5 – 8
Ancho del tanque	B	m	2 – 6
Concentración HTH	C	mg/L	6 – 8

Fuente: (FERRER POLO, y otros, 2007)

▪ Volumen del tanque de cloración, V_{tanque} :

Para determinar el cálculo del volumen del tanque de cloración se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_{tanque} = Q_d * T$$

Ecuación 51

Dónde:

V_{tanque} : Volumen del tanque de cloración (m^3)

Q_d : Caudal diseño; 12,28 m^3/h

T : Tiempo de retención; 1 h (*Dato obtenido de la tabla 27-3*)

$$V_{tanque} = \frac{12,28 \text{ m}^3}{h} * 1h$$

$$V_{tanque} = 12 \text{ m}^3$$

▪ Área del tanque, A :

Para determinar el cálculo del área del tanque de cloración se utilizó la siguiente ecuación:

$$A = L * B$$

Ecuación 52

Dónde:

A : Área del tanque (m^2)

L: Longitud del tanque; 5 m (*Dato obtenido de la tabla 27-3*)

B: Ancho del tanque; 2,5 m (*Dato obtenido de la tabla 27-3*)

$$A = 5 \text{ m} * 2,5 \text{ m}$$

$$A = 12,5 \text{ m}^2$$

▪ **Altura del tanque, H_{tanque} :**

Para determinar la altura del tanque de cloración se utilizó la siguiente ecuación:

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

Ecuación 53

Dónde:

H_{tanque} : Altura del tanque (m)

V_{tanque} : Volumen del tanque de dosificación; 12,28 m³

A: Área del tanque; 12,5 m²

$$H_{tanque} = \frac{12,28 \text{ m}^3}{12,5 \text{ m}^2}$$

$$H_{tanque} = 0,98 \text{ m} \cong 1 \text{ m}$$

3.2.9.4.1.1 *Dosificación de hipoclorito de Calcio (HTH)*

Para la dosificación del HTH requerido en el tratamiento de las aguas clarificadas, posterior al proceso de decantación, se utilizó una dosificación de HTH de la solución madre que viene detallada a continuación:

• **Cálculo de la dosificación de (HTH) para la preparación de la solución madre, D_{HTH} :**

$$D_{HTH} = 0,012 * Q_d * C$$

Ecuación 54

Dónde:

D_{HTH} : Cantidad de HTH al día (lb/día)

Q_d: Caudal diseño; 3,41 L/s ; 54,06 gal/min

C: Concentración HTH en el agua; 8 mg/L (*Dato obtenido de la tabla 27-3*)

$$D_{HTH} \frac{lb}{día} = 0,012 * 54,06 \frac{gal}{min} * 8 \frac{mg}{L}$$

$$D_{HTH} = 5,20 \frac{lb}{día}$$

$$D_{HTH} = 1,3 \frac{lb}{día} \text{ ----> En 4 horas}$$

- **Cálculo del volumen de agua requerido para diluir el HTH para la preparación de la solución madre, V_{AHTH} .**

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 55

Dónde:

m_{HTH}: Masa de HTH; 1,3 lb \approx 590,2 g

ρ_{HTH} : Densidad de HTH; 800 g/L (*Ficha técnica HTH, Anexo D*)

$$V_{AHTH} = \frac{590,2g}{800 g/L}$$

$$V_{AHTH} = 0,74 L$$

- **Cálculo del volumen de la solución madre, V_{SM} :**

Para determinar el volumen de la solución madre se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} * 65\%}{8,5\%}$$

Ecuación 56

Dónde:

V_{SM} : Cálculo del volumen de la solución madre (L);

V_{AHTH} : Volumen del agua para la dilución del hipoclorito de calcio (L); 0,75 L

Humedad de HTH: 8,5% (Anexo D)

Concentración de HTH: 85% (Anexo D)

$$V_{SM} = \frac{0,74 L * 65\%}{8,5\%}$$

$$V_{SM} = 5,64 L \cong 6 L$$

En 6 Litros de agua se disolverá 1,3 libras de Hipoclorito de Calcio al día para preparar la solución madre.

▪ **Cálculo del volumen para un día, V_T :**

$$C_1 * V_{SM} = C_2 * V_2$$

Ecuación 57

$$8 * 6 = 0,65 * V_2$$

$$V_2 = 73,85 L$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 58

$$V_T = 6 L + 73,85 L$$

$$V_T = 80 L/dia$$

La solución por goteo se calcula mediante la siguiente conversión:

$$Goteo = 80 \frac{L}{dia} * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{1 dia}{4 h} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Goteo = 333,33 \cong 333 mL/min$$

3.2.9.5 Lecho de Secado

Los lechos de secado son construidos en las plantas tratamiento de agua residual con la finalidad de deshidratar los lodos que se generan en las mismas, cuando el fango está seco se retira manualmente, es sencillo y tiene un bajo coste. (METCALF, y otros, 1995)



Figura 9-3: Lecho de secado

Fuente: (ABRAHAN, 2016)

3.2.9.5.1 Dimensionamiento de lecho de secado

Para el dimensionamiento del lecho de secado, se requieren ciertos parámetros de diseño que se presentan a continuación:

Tabla 30-3: Parámetros de diseño para lechos de secado

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	INTERVALO
Porcentaje de sólidos en el lodo	% de lodos	%	10-15
Altura del lodo	Ha	M	0,20-0,40
Ancho de era	B	M	-----

Fuente: (REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2000)

▪ Cálculo del área del lecho de secado, A_{LS} :

Para calcular el área del lecho de secado se utilizan los datos que se muestran en la tabla 30-3:

Tabla 31-3: Datos de Profundidad- ancho

Profundidad (Ha)	Ancho
0,20-0,40	3-6

Fuente: (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2007)

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Ecuación 59

Dónde:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m^3)

H_d : Profundidad de aplicación; 0,40 m (*Dato considerado de la tabla 31-3*)

$$A_{LS} = \frac{11,98 m^3}{0,40 m}$$

$$A_{LS} = 29,95 m^2$$

- **Cálculo de la longitud del lecho de secado, L_{LS} :**

La longitud del lecho de secado se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ecuación 60

Dónde:

A_{LS} : Área del lecho de secado; 29,25 m^2

b_{LS} : Ancho del lecho de secado; 6 m

$$L_{LS} = \frac{29,25 m^2}{6 m}$$

$$L_{LS} = 4,88 m$$

- **Cálculo del volumen del tanque para lodos, V_{TL} :**

Para el cálculo del volumen de tanque para lodos se utiliza la siguiente expresión:

$$V_{TL} = L_{LS} * b_{LS} * H_s$$

Ecuación 61

Datos:

L_{LS} : Longitud del lecho de secado; 4,88 m

b_{LS}: Ancho del lecho de secado; 6 m

Hs: Profundidad de aplicación; 0,40 m

$$V_{TL} = 4,88 \text{ m} * 6 \text{ m} * 0,40 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 11,28 \text{ m}^3$$

- **Intervalo de tiempo para desalojar el lodo, T_{DL} :**

La ecuación para determinar el intervalo de tiempo para desalojar el lodo es la siguiente:

$$T_{DL} = \frac{V_{TL}}{Q_P}$$

Ecuación 62

Dónde:

T_{DL}: Tiempo para desalojar el lodo (min)

V_{TL}: Volumen del tanque; 11,28m³

Q_d: Caudal diseño; 3,41x10⁻³ m³/s

$$T_{DL} = \frac{11,28 \text{ m}^3}{3,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_{DL} = 3307,92 \text{ s} \rightarrow 55 \text{ mín}$$

3.3 Proceso de producción

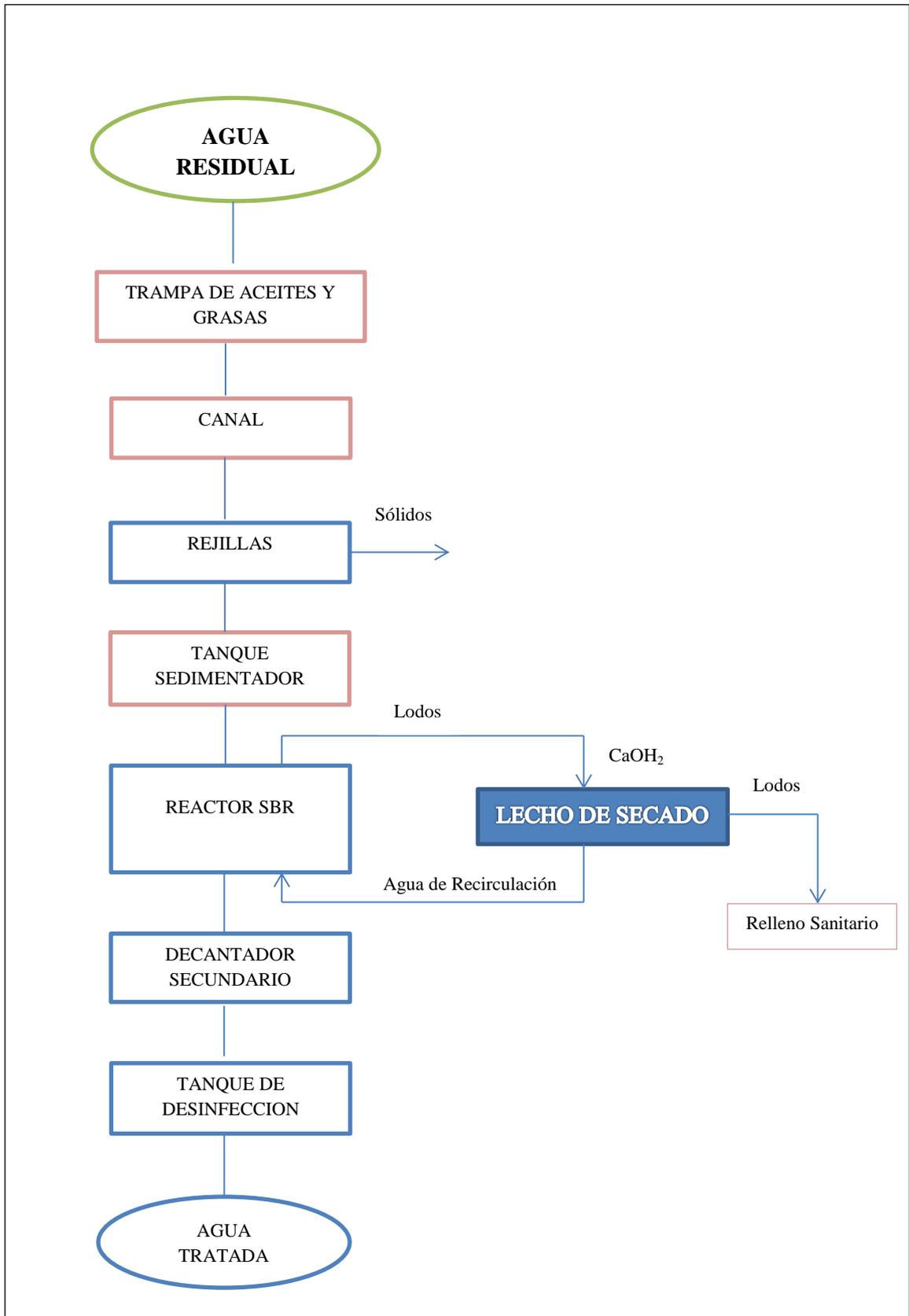


Gráfico 7-3: Diagrama de proceso

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.4 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

3.4.1 *Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales*

Tabla 32-3: Materiales y equipos para medición de caudal

MATERIALES	Balde graduado 10L
	Recipientes
	Guantes
	Mandil
	Mascarilla
	Botas de caucho
	Libreta
EQUIPOS	Cronómetro
	Cámara fotográfica

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.4.2 *Requerimientos de equipos de laboratorio para caracterización físico- químico y microbiológico del agua residual.*

Tabla 33-3: Equipos para la caracterización de las aguas residuales

EQUIPOS	
Espectrofotómetro DR 2800	Equipo de filtración
Fotómetro Pf-12	Destilador de agua
Potenciómetro	Cámara de incubación
Conductímetro	Autoclave
Colorímetro	Baño María
Clorímetro	Balanza analítica

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.4.3 *Requerimientos de Materiales e instrumentos del laboratorio*

Tabla 34-3: Materiales e instrumentos para caracterización de agua residual

MATERIALES E INSTRUMENTOS	
Mandil	Balones de aforacion
Guantes	Bolígrafo
Espátula	Goteros
Vasos de precipitación	Filtros de membrana
Pera de succión	Libreta
Pipetas graduadas	Papel filtro

Varilla de vidrio	Pat absorbente
Tubos de ensayo	Pipetas volumétricas
Soporte universal	Probetas
Pinzas	Cámara
Piseta	Matraz Erlenmeyer
Gradillas	Embudos de vidrio
Cronómetro	Parafilm
Mascarilla	Cajas petri
Gafas	Recipientes

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.5 Análisis de Costo/beneficio del proyecto

3.5.1 Costo de implementación de nuevos procesos

Tabla 35-3: Determinación de los costos del rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento de Guaranda

OBRAS PRELIMINATES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Limpieza y desbroce	m ²	400,00	0,92	368,00
Replanteo y nivelación	m ²	680,00	1,90	1292,00
Reestructura del cerramiento	m	680,00	10,50	7140,00
Excavación con maquinaria	m ³	460,00	4,00	1840,00
Desalojo de tierra	m ³	800,00	4,50	3600,00
Subtotal				14240,00
REJILLAS				
Marco de hierro	U	4,00	10,00	40,00
Limpieza y desbroce	m ²	16,00	1,25	20,00
Canal	m ²	0,50	95,00	47,50
Subtotal				107,50
REACTOR SBR				
Limpieza y desbroce	m ²	52,55	1,05	55,18
Replanteo y nivelación	m ²	52,55	4,30	225,97
Excavación manual	m ³	140,80	9,40	1323,52
Hormigón simple F´C 210 Kg/cm ²	m ³	10,03	192,30	1928,77
Replanteo de H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	12,40	97,90	1213,96
Enlucido e impermeabilización	m ²	100,00	10,40	1040,00
Subtotal				5787,39

TANQUE DESINFECCION				
Limpieza y desbroce	m ²	12,50	1,05	13,13
Replanteo y nivelación	m ²	12,50	4,30	53,75
Excavación manual	m ³	50,00	9,40	470,00
Replanteo de H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	12,50	97,90	1223,75
Hormigón simple F' C 210 Kg/cm ²	m ³	10,03	192,30	1928,77
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	100,00	10,40	1040,00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	12,50	6,10	76,25
Subtotal				4805,65
LECHO DE SECADO				
Pintura de cemento blanco, para exteriores	m ²	36,00	9,60	345,60
Arena	m ³	1,00	11,00	11,00
Grava	m ³	1,00	11,00	11,00
Subtotal				367,60
DECANTADOR SECUNDARIO				
Limpieza y desbroce	m ²	12,5	1,2	15
Replanteo y nivelación	m ²	14	5,2	72,8
Excavación manual	m ³	70	7,5	525
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	2	82,3	164,6
Hormigón simple F' C=210 Kg/CM ²	m ³	15	70,4	1056
Enlucido vertical con impermeabilizante	m ²	12,5	7,55	94,375
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	60,3	6,1	367,83
Subtotal				2295,605
Costo total				27603,75

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.5.2 Costos operativos de químicos

Tabla 36-3: Determinación de los costos de dosificación de Hipoclorito de Calcio

Descripción	Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo por unidad	Costo por día(\$)	Costo por mes	Costo anual
Hipoclorito de calcio	6,94	45	180,00	11,76	47,04	564,48

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.5.3 Costos de mano de obra

Tabla 37-3: Determinación de costos de mano de obra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(\$)	PRECIO TOTAL(\$)
Maestro albañil	2,00	800,00	1600,00
Ayudantes de albañil	4,00	400,00	1600,00
Soldador	2,00	200,00	400,00
Electricista	2,00	300,00	600,00
Chofer de maquinaria	2,00	400,00	800,00
Pintor	5,00	300,00	1500,00
TOTAL			6500,00

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.5.4 Costo total de la inversión para la implementación del proyecto

Tabla 38-3: Costo total

TIPO DE COSTO	VALOR DE LA INVERSION (\$)
Costo de implementación de equipos	27603,75
Costo operativos de químicos	564,48
Costos de mano de obra	6500,00
Costo Total	34668,23

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

3.6 Cronograma de ejecución del proyecto

Tabla 39-3: Cronograma del proyecto

TIEMPO ACTIVIDADES	MES																							
	1°				2°				3°				4°				5°				6°			
	SEMANAS																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																								
Diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta.																								
Caracterización física, química y bacteriológica las aguas residuales.																								
Realización de las pruebas de piloto para la obtención de porcentajes de remoción																								
Realización de los cálculos de ingeniería para el respectivo rediseño.																								
Caracterización final física, química y bacteriológica)																								
Elaboración y corrección de borradores																								
Redacción del trabajo final																								
Empastado y presentación del trabajo final																								
Auditoría Académica																								
Defensa del trabajo																								

Realizado por: Carrillo Karen, 2017

CONCLUSIONES

- En el presente estudio se realizó el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento de la ciudad de Guaranda, a partir de la caracterización inicial de las aguas residuales y de la puesta en marcha de un sistema piloto, que permitió establecer las operaciones necesarias para optimizar el funcionamiento del sistema actual; considerando la implementación de un sistema rejillas, un reactor biológico SBR, un decantador secundario, un tanque de desinfección y un lecho de secado respectivo.

- En la visita realizada hacia las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento de Guaranda, se realizó el diagnóstico actual de dicha planta, donde se pudo observar la presencia de una trampa de grasas y aceites con capacidad de 2,7 m³, que se conecta a un canal de 2 m de largo 0,50 de ancho y 0,60 de profundidad, además de un tanque de sedimentación de 20 m³ de capacidad, con un rebosadero que conduce el agua decantada a un filtro de ripio de 21 m³, la misma que se encuentra en condiciones deplorables.

- Una vez realizado el muestreo se caracterizó física-química y microbiológica el agua residual que se genera en el centro de faenamiento, tomando como referencia los parámetros que se encuentran establecidas en el acuerdo ministerial 097A del 4 de noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, acuerdo reformativo del TULSMA, observándose que los parámetros que se encontraron fuera de los límites que establece la norma fueron: sólidos totales con un valor de 2502,59 mg/L; sólidos suspendidos totales con 331,94 mg/L; nitrógeno total con 74,4 mg/L; coliformes fecales 7432,75 mg/L; DBO con 751,10 mg/L y DQO con 1229,21 mg/L.

- Mediante pruebas realizadas en laboratorio se pudo determinar que el tratamiento adecuado, para las aguas residuales provenientes del centro de faenamiento es de tipo biológico, el mismo que se obtuvo a partir de la determinación del índice de biodegradabilidad donde se logró constatar un valor de 0,61 lo cual permitirá la reducción de la materia orgánica con la que ingresa el agua al sistema de tratamiento, siendo además necesaria la implementación de operaciones complementarias para mejorar la eficiencia del sistema.

- Luego de la simulación de las nuevas operaciones a implementar a escala de laboratorio, se realizó la caracterización final del agua tratada, obteniéndose los siguientes valores: sólidos

totales con 26,98 mg/L, sólidos suspendidos totales con 1,21 mg/L, nitrógeno total con 30 mg/L; coliformes fecales con 1 mg/L, DBO₅ con 18,34 mg/L, DQO con 36,79 mg/L. Observándose la remoción de los parámetros comprendida entre los valores de 59,68% hasta el 99,99% ,cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

- A partir de la medición del caudal y de la caracterización física-química y microbiológica de las aguas residuales y de las pruebas de tratabilidad realizada en el laboratorio, se realizaron los respectivos cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de las operaciones unitarias requeridas, para el óptimo funcionamiento de la planta del centro de faenamiento, donde se establece que el volumen del reactor biológico SBR de 15,04 m³, el volumen del decantador secundario es de 15,63 m³ y el volumen del tanque de desinfección es de 12,28 m³, con lo cual se garantizara el cumplimiento de la normativa actual vigente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento se implemente lo más pronto posible, para reducir la contaminación generada al cuerpo receptor (Río Guaranda), beneficiando a toda la ciudadanía.
- Se recomienda a la E.P- EMAPA-G dar apertura a nuevos estudiantes para realizar un estudio técnico del tratamiento y disposición final adecuada de los siguientes sólidos: vísceras, sangre, huesos, cerdas y excremento que se generan en el faenamiento del ganado.
- Para realizar la caracterización física-química y microbiología del agua residual se recomienda utilizar todos los equipos calibrados para evitar posibles errores en los resultados, así como los equipos de protección personal para prevenir cualquier tipo de incidente en el laboratorio.
- En el sistema de enrejado se recomienda extraer los sólidos una vez realizado el tratamiento para evitar daños posteriores.
- En cuanto a la operación y mantenimiento una vez realizado el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro de faenamiento se recomienda, contratar a personal capacitado para que se encargue específicamente a esta función para evitar posibles daños en las nuevas instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAN, NARCIO. Planta de tratamiento de Agua residual. *Mochinsonline*. [En línea] 2016. [Citado el: 23 de Septiembre de 2017.] http://www.mochisonline.com/2016/210816_inauguracion_planta_louisiana.php#&gid=1&pid=13.

BERNAL TORRES, CÉSAR AUGUSTO. *Metodología de la Investigacion para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México : Pearson Educación, 2006. págs. 33-34.

FERRER POLO, JOSE y SECO TORRECILLAS, AURORA. *Tratamiento Biológico de Aguas Residuales*. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia , 2007. págs. 22-28.

FLORES RICO, LAURA DANIELA. Panorama Agroalimentario. *Carne d bovino 2017*. [En línea] 10 de Marzo de 2017. [Citado el: 21 de Septiembre de 2017.] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200639/Panorama_Agroalimentario_Carne_d_e_bovino_2017__1_.pdf.

GÓMEZ , MARCELO. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba : Brujas, 2006. págs. 10-11.

ECUADOR. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. Censo de población y vivienda 2010. *Censo de población y vivienda 2010*. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de Septiembre de 2017.] <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>.

LOTHAR HESS, MAX. Tratamientos preliminares. *Tratamiento de Aguas Residuales*. [En línea] 08 de Julio de 2007. [Citado el: 22 de Septiembre de 2017.] <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan2/05862/05862-07.pdf>.

METCALF y EDDY. *Ingeniería de Aguas Residuales, tartamiento, vertido y reutilización*. Madrid : McGRAW-HILL/Interamericana de España, 1995. págs. 420-425.

MOTA, ANTONIO. Tratamiento Secundario. *Química de las aguas naturales*. [En línea] 2 de Junio de 2011. [Citado el: 20 de Septiembre de 2017.]

<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHhdPa4OfWAhVG4SYKHRZPDMYQFghTMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.ugr.es%2F~mota%2FParte2-Tema08.pdf&usg=AOvVaw1lnS8DMHgZFSin60SJ6HDq>

OLIVACARODOVESA. Tratamiento de Aguas Residuales. *Desinfección*. [En línea] 9 de Febrero de 2006. [Citado el: 2017 de Septiembre de 16.] <http://www.olivacordobesa.es/TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf>.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Digestión Anaerobica De Lodos. *Centro Panamericano De Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Ambiente (CEPIS)*. [En línea] 2007 de Julio de 2007. [Citado el: 2017 de Septiembre de 16.] <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan2/05862/05862-16.pdf>.

ECUADOR. ACUERDO MINISTERIAL 097 A. Ministerio Del Ambiente. *Límites de descarga en un cuerpo de agua dulce*. [En línea] 04 de noviembre de 2015. [Citado el: 02 de Octubre de 2017.] <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/ediciones-especiales/item/5550-edici%C3%B3n-especial-no-387.html>.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá : Panamericana Formas e Impresos, 2000. págs. 89-90.

RIGOLA LAPEÑA , MIGUEL. *Tratamiento De Aguas Industriales: Aguas De Proceso Y Residuales*. Barcelona : Marcombo, 1990. págs. 120-121.

ROCHA, EDMUNDO. Desinfección y métodos de desinfección del agua. *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas*. [En línea] 27 de Enero de 2009. [Citado el: 22 de Septiembre de 2017.] <https://ctmjm.wikispaces.com/file/view/Desifecci%C3%B3n+del+AGUA.pdf>.

ROJAS BUSTAMANTE, ÓSCAR. Manual Básico Para Medir Caudales. *Biblioteca Virtual De LA Cooperación Alemania En Bolivia*. [En línea] 2006. [Citado el: 24 de Septiembre de 2017.] <http://www.bivica.org/upload/medir-caudales-manual.pdf>.

ROMERO , ENRIQUE. Tesis Doctorales en Red. *Depuración De Las Aguas Residuales Urbanas*. [En línea] 17 de Mayo de 2005. [Citado el: 16 de Septiembre de 2017.] <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5909/08Mjkm08de18.pdf;sequence=8>.

RONZANO, EDUARDO y DAPENA, JOSÉ LUIS. *Tratamiento biológico de aguas residuales.* España : Ediciones Diaz De Santos, 1995. págs. 67-68.

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. Consumo cárnico a nivel mundial. *Alimentación.* [En línea] 22 de Noviembre de 2016. [Citado el: 21 de Septiembre de 2017.] <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/65628-consumo-carnico-nivel-mundial>.

UNIVERSIDAD DE CORUÑA. SBR Reactores con funcionamiento secuencial. *Fichas técnicas de procesos unitarios de plantas de tratamiento de efluentes líquidos de la industria textil.* [En línea] 18 de Enero de 2016. [Citado el: 20 de Septiembre de 2017.] <https://www.wateractionplan.com/documents/186210/200858/FT-BIO-002-REACTORES+SBR+A20150529.pdf/f4d13094-12a0-47ee-bd3f-b7749a5a9542>.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Métodos De Investigación. *Facultad De Psicología.* [En línea] 02 de Agosto de 2010. [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <http://www.psicol.unam.mx/Investigacion2/pdf/METO2F.pdf>.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA. Biorreactores y su Aplicación. *Facultad de Ciencias Químicas.* [En línea] 20 de Julio de 2017. [Citado el: 22 de Septiembre de 2017.] <https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/unidad-2-biorreactores-y-su-aplicacion>.

VALERIO , DANIEL. Ganado bovino. *Producción animal.* [En línea] 08 de Junio de 2011. [Citado el: 24 de Septiembre de 2017.] http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/08_09_53_tema1_ganado_bovino.pdf.

ANEXOS

Anexo A. Tabla 9 Acuerdo Ministerial 097a Del 4 De Noviembre del 2015 (*Límites De Descarga A Un Cuerpo De Agua Dulce*)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno(5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05
Compuestos organofosforados	Organofosforados Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	Ph		6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130

Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ±3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: (ACUERDO MINISTERIAL 097A, 2015)

Anexo B. Técnicas utilizadas para el análisis físico-químico del agua

PARÁMETRO	EQUIPO	PROCEDIMIENTO
Conductividad eléctrica	Conductímetro	<ul style="list-style-type: none"> En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua. Lavar varias veces el electrodo con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ.
Potencial Hidrógeno	Potenciómetro	<ul style="list-style-type: none"> Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ. Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla.
Sólidos Totales Suspendidos	Conductímetro	<ul style="list-style-type: none"> Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (STD) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable.
Fluoruros	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 190 Fluoruro. Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar.
Hierro	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 265 Hierro FerroVer. Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra. Añadir el contenido de un sobre de hierro FerroVer en polvo., agitar, con rotación, para mezclar.
Aluminio	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 10 Aluminio, Alumin. Colocar 50 mL de agua de la muestra en un matraz , añadir el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo, tapar el matraz e invertir despacio varias veces para disolver el polvo, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo de aluminio AluVer 3 en polvo.
Sulfatos	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 680 Sulfate. Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo SulfaVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.
Nitratos	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 371 N Nitrito RB PP. Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de

		<ul style="list-style-type: none"> ■ usarlas. ■ Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido.
Nitrógeno amoniacal	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparación de la muestra.- Colocar 25ml de muestra en un Erlenmeyer. ■ Preparación del blanco: Colocar 25 ml de agua destilada. ■ Adicionar tres gotas de estabilizante mineral en cada Erlenmeyer, agitar varias veces para mezclar.
DBO		<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparar las diluciones en un frasco ámbar, así como un blanco con dilución ■ Determinar mediante electrodo selectivo el oxígeno disuelto ■ Incubar durante 5 días en oscuridad a 20°C±1
Fosfato	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo fosfato ■ PhosVer3 en polvo. Agitar la cubeta con rotación. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos.
Bromo	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Llenar una cubeta de 10 mL de muestra residual. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de DPD en polvo. Agitar la cubeta con rotación, durante 20 segundos. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos. ■ Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada de 10 mL de muestra residual. Seleccionar en la pantalla: Medición Br -.
Cromo Total	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ En un Erlenmeyer de 25 ml de muestra residual, añadir un sobre de Cromo1, disolver. Colocar la muestra preparada en el baño maría y esperar por 5 minutos, después retirar y enfriar hasta 25°C. Luego añadir el sobre de Cromo2 e invertir.
Níquel/Cobalto	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. ■ Añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de phthalate-fosfato en polvo, disolver.
Flúor	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. ■ Añadir a cada cubeta 2 mL de Solución SPADNS Reagent y mezclar. Tiempo de reacción 1 minuto. Finalmente seleccionar en la pantalla: Medición. F-.
Manganeso	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Llenar una cubeta con la muestra residual, y la otra con agua desionizada. Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico. Tapar e invertir con cuidado para disolver el polvo. Añadir 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino a cada cubeta. Agitar.
Nitritos	Espectrofotómetro DR 2800	<ul style="list-style-type: none"> ■ Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 355 N Nitrito RA PP. ■ Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta cuadrada, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 5 en polvo. Tapar la cubeta. ■ Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador.
Oxígeno disuelto	Fotómetro PF - 12	<ul style="list-style-type: none"> ■ Abrir el tubo de test de oxígeno. Lavar repetidamente el tubo con agua a analizar (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 7 y 10) y llenarlo hasta rebosar sin que se formen burbujas de aire y cerrar. ■ Colocar el tubo de test en el fotómetro y regular éste a cero.

Fuente: Manual De Métodos Analíticos Para El Control Del Tratamiento De Agua

Anexo C. Métodos y técnicas utilizados para el análisis microbiológico del agua

PARÁMETRO	EQUIPO	PROCEDIMIENTO
Coliformes totales	Cámara Incubadora y equipo de filtración	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo ▪ Dispensar un par en la caja petri estéril y saturar con MLSB. Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base. Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva. Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml. Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana. Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración. Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración. Poner la membrana sobre el par que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB. Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc. ▪ Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 Cy poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C
Coliformes fecales	Colorímetro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo ▪ Dispensar un pad en la caja petri estéril y saturar con MLSB. Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base ▪ Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml. Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana.

Fuente: Manual De Métodos Analíticos Para El Control Del Tratamiento De Aguas

Anexo D. Fichas técnicas de productos químicos (HTH)

Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



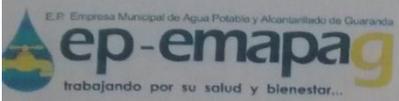
- Fabricante: Arch Chemicals, Inc.
- Nombre Químico: Hipoclorito de calcio al 68%
- Fórmula Química: $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Numero CAS: 7778-54-3
- Propiedades Físicas y Químicas

Parámetro	Especificaciones
Apariencia	Blanco, polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad en agua	18% a 25°C
Humedad	< 16%
pH	10.4 - 10.8 (solución al 1% en agua destilada neutral a 25°C)
Densidad	0.8 g/cc (Granular) 1.9 g/cc (Tabletas)

- Composición

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 – 80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de Calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 – 5%	1.4%
Cloruro de Calcio, CaCl_2	0 – 5%	0.5%
Carbonato de Calcio, CaCO_3	0 – 5%	2.3%
Hidróxido de Calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0 – 4%	1.64%
Agua		5.5 – 8.5
Insolubles		<5% w/w

Anexo E. Caracterización Inicial del agua residual del Camal Municipal de Guaranda



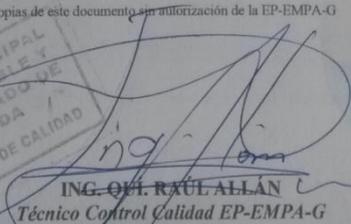

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO
CENTRO DE FAENAMIENTO DESCARGA DEL CANTÓN GUARANDA

Parámetros	Unidad	Norma TULSMA	Promedio Muestras Simples a
		Lim. Max. Per	la Salida Tanque Sedimentación
Color	UTC	lna. en dis	933,13
Turbiedad	NTU	.....	436,71
pH		6 a 9	8,72
Conductividad Eléctrica	mS/cm	.....	6,49
Aceites Y Grasas	mg/L	30	10,42
Tensoactivos	mg/L	0,5	0,21
Sólidos Totales	mg/L	1600	2502,59
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	331,94
Temperatura	° C	.....	16,45
Nitrógeno Total (N)	mg/L	50,0	74,40
Fosfatos (P-PO ³⁻)	mg/L	10,0	4,67
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃ -N)	mg/L	30	20,69
Sulfatos (SO ²⁻)	mg/L	1000	60,93
Fluoruros (F)	mg/L	5,0	0,53
Hierro Total (Fe)	mg/L	10,0	7,08
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,52
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,52
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	.....	741,50
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,06
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	1000	935,42
Niquel (Ni)	mg/L	2,0	0,93
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,43
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,01
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	.....	0,74
Plata (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,01
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,36
Bromo (Br)	mg/L	.....	0,01
Boro (B)	mg/L	2,0	1,48
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,01
Cromo Total (Cr)	mg/L	.....	0,24
Oxígeno Disuelto (O ₂)	mg/L	.....	1,48
Coliformes Totales	NMP/100 mL	.....	12012,75
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000	7432,75
Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100	751,10
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg/L	200	1229,21

Parámetros basados en el acuerdo ministerial 097A del 4 de noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, acuerdo reformativo del TULSMA.

Nota: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la EP-EMPA-G

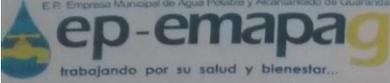
EMPRESA MUNICIPAL
DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLO DE
GUARANDA
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD


ING. QUI. RAUL ALLAN
 Técnico Control Calidad EP-EMPA-G

ep-emapa-g
Ing. Qui. Raul Allan
TEC. SCH-LAB

Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • **Teléfono:** 03 2 981 939 • **Fax:** 03 2 985 660

Anexo F. Caracterización Agua Residual Tratada



ep-emapag

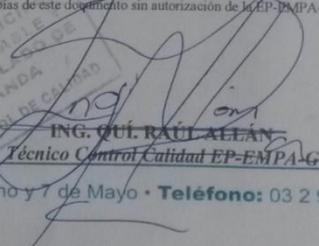
 trabajando por su salud y bienestar...

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO
CENTRO DE FAENAMIENTO DESCARGA DEL CANTÓN GUARANDA

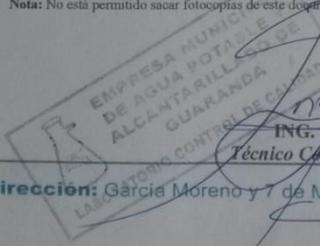
PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	Promedio Muestras Simples a la Salida Tanque Sedimentación	Caracterización Final
		Lím.Max.Per		
Color	UTC	lna. en dis	933,13	100,0
Turbiedad	NTU	.....	436,71	50,00
pH	.....	6 a 9	8,72	6,98
Conductividad Eléctrica	mS/cm	.....	6,49	3,20
Aceites Y Grasas	mg/L	30	10,42	0,25
Tensoactivos	mg/L	0,5	0,21	0,02
Sólidos Totales	mg/L	1600	2502,59	26,98
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	331,94	1,21
Temperatura	° C	.....	16,45	15,93
Nitrógeno Total (N)	mg/L	50,0	74,40	11,04
Fosfatos (P-PO ⁴⁻)	mg/L	10,0	4,67	0,42
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃ -N)	mg/L	30	20,69	0,08
Sulfatos (SO ²⁻)	mg/L	1000	60,93	19,42
Fluoruros (F)	mg/L	5,0	0,53	0,50
Hierro Total (Fe)	mg/L	10,0	7,08	0,7
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	2,0	0,52	0,26
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,52	0,027
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	.....	741,50	180
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	5,0	0,06	0,01
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	1000	935,42	65,34
Niquel (Ni)	mg/L	2,0	0,93	0,16
Cobalto (Co)	mg/L	0,5	0,43	0,012
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	0,2	0,01	0,006
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	.....	0,74	0,12
Plata (Ag ⁺)	mg/L	0,1	0,01	0,004
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	0,1	0,36	0,09
Bromo (Br)	mg/L	.....	0,01	0,007
Boro (B)	mg/L	2,0	1,48	0,95
Molibdeno (Mo ⁶⁺)	mg/L	.....	0,01	0,008
Cromo Total (Cr)	mg/L	.....	0,24	0,09
Oxígeno Disuelto (O ₂)	mg/L	.....	1,48	5,87
Coliformes Totales	NMP/100 mL	.....	12012,75	< 1
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2000	7432,75	< 1
Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	100	751,10	18,34
Demanda Química De Oxígeno (DQO)	mg/L	200	1229,21	36,79

Parámetros basados en el acuerdo ministerial 097A del 4 de noviembre del 2015, sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, acuerdo reformativo del TULSMA.

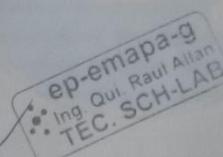
Nota: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la EP-EMPA-G



ING. QUI. RAÚL ALLÁN
 Técnico Control Calidad EP-EMPA-G



 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA
 LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD



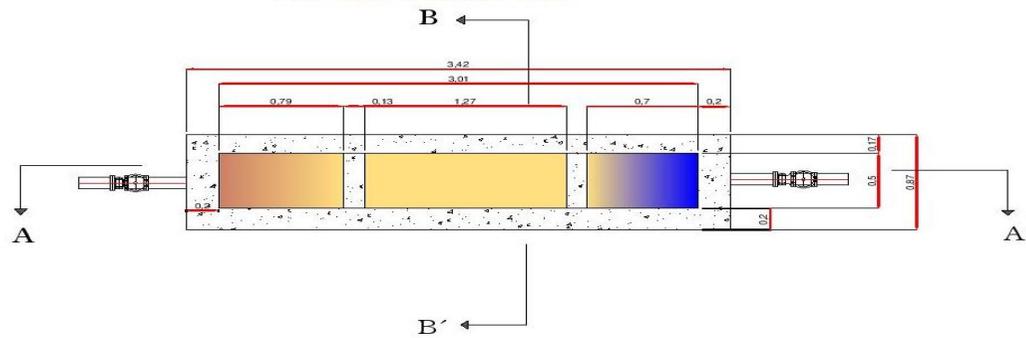
 ep-emapa-g
 Ing. Qui. Raúl Allán
 TEC. SCH-LAB

Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • **Teléfono:** 03 2 981 939 • **Fax:** 03 2 985 660

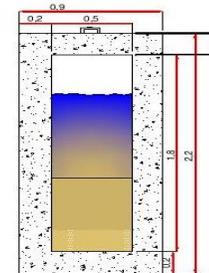
Anexo G. Planos Del Centro de Faenamiento de Guaranda

TRAMPA DE GRASAS

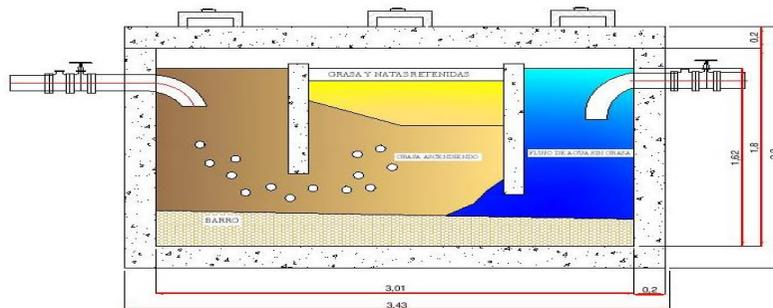
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



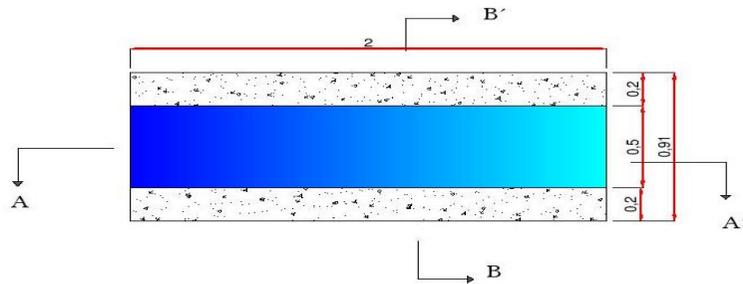
CORTE A-A'



		"REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUARANDA"	
CONTIENE: TRAMPA DE GRASAS, VISTA PLANTA Y CORTES			
REALIZADO POR:		REVISADO POR:	
KARIN DEL ROCIO CARRILLO ANALUBA		ING. CAMILO HARO ING. MARCO CRUZA	
ESCALA: 1:500	FECHA: 16-10-2017	LÁMINA: 01/10	

CANAL

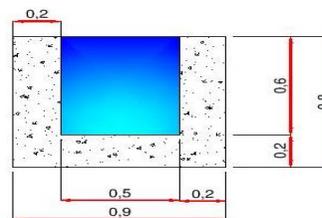
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



CORTE B-B'

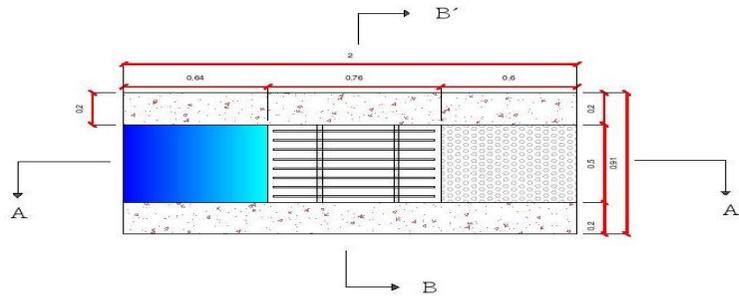


"REDESÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUAYANDA"

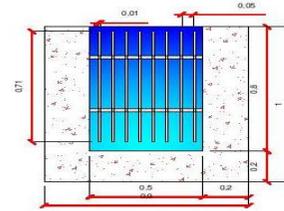
CONTIENE: CANAL DE ENTRADA, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: KAREN DEL ROSO CARRILLO ANALERA	REVISADO POR: ING CAMILO HARO ING MARCO CHUZA	
ESCALA: 1:500	FECHA: 16-10-2017	LAMINA: 02/10

REJILLAS

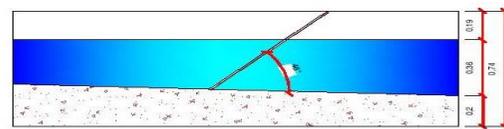
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'

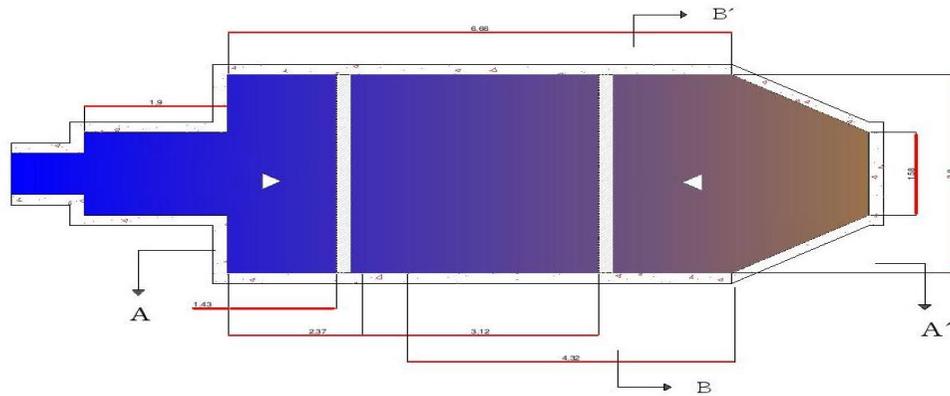


"REDESÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUARANDA"

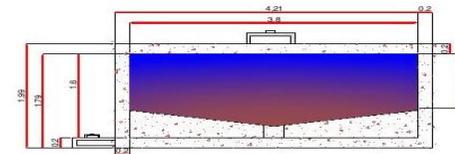
CONTIENE: REJILLAS, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: KAREN DEL ROCÍO CABRILLO ANALISA	REVISADO POR: ING. CAMELO HARG ING. MARCO CHUZA	
ESCALA: 1:200	FECHA: 17-10-2017	LÁMINA: 05/10

TANQUE SEDIMENTADOR

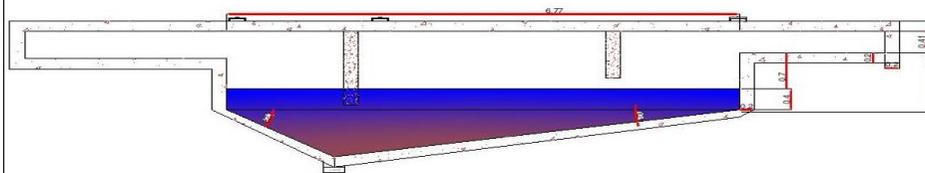
VISTA PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'



"REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUARANDA"

CONTIENE: TANQUE SEDIMENTADOR, VISTA PLANTA Y CORTES

REALIZADO POR:
KAREN DE ROCIO CARRILLO ANALUISA

REVISADO POR:
ING. CAMILO HARO
ING. MARCO CHUZA

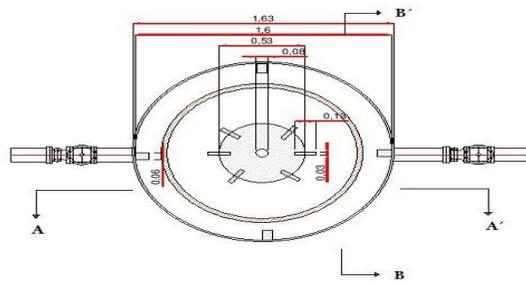
ESCALA: 1:500

FECHA: 17-10-2017

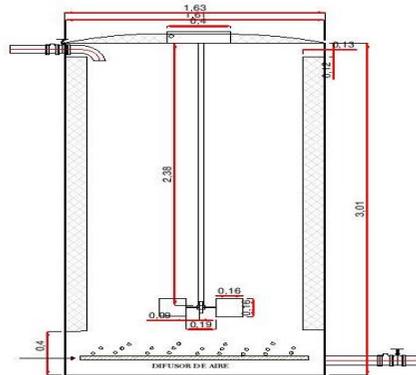
LAMINA: 06/10

REACTOR BIOLÓGICO SBR

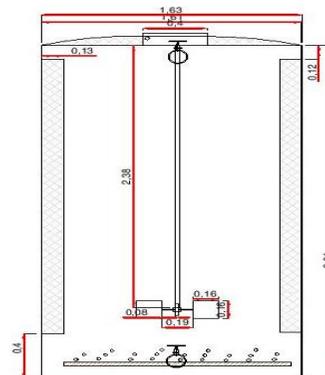
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



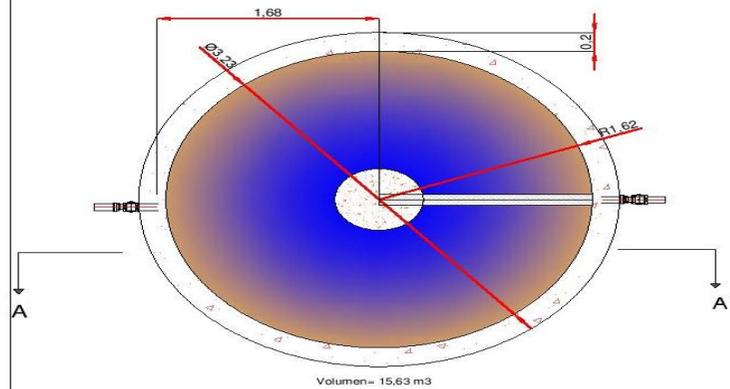
CORTE B-B'



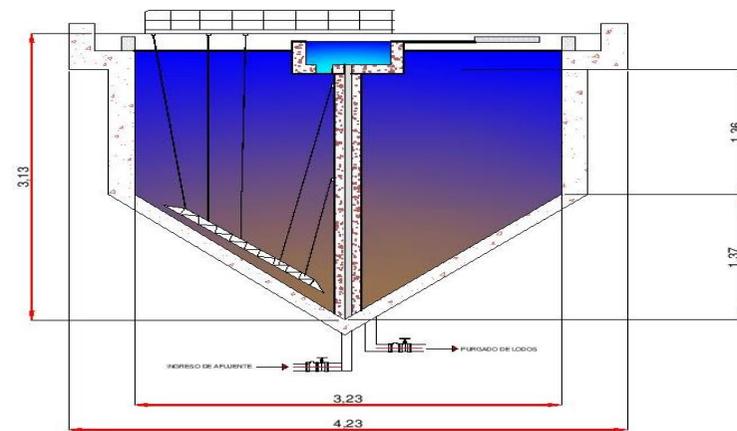
		"REDESÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FUNDAMENTO DE LA CIUDAD DE GUARANÁ"	
CONTIENE: REACTOR BIOLÓGICO SBR, VISTA PLANTA Y CORTE			
REALIZADO POR: <small>SABIN DEL ROSO CARRILLO ANALEUCA</small>		REVISADO POR: <small>PAU CARRILLO RAMÍREZ INDI MARCOCHICHA</small>	
ESCALA: 1:500	FECHA: 17-10-2017	LAMINA: 04/10	

DECANTADOR SECUNDARIO

VISTA PLANTA



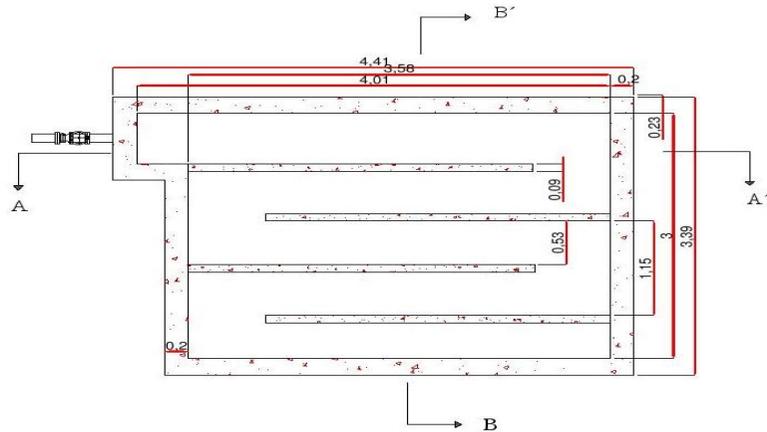
CORTE A-A'



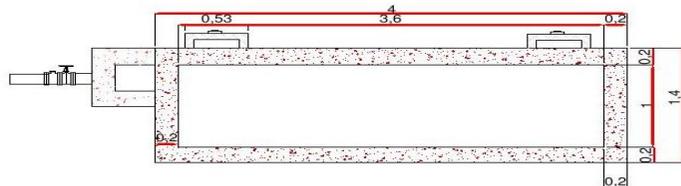
 "RESERVA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE ASESORAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"		
CONTIENE: DECANTADOR SECUNDARIO, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: INGENIERO DEL DISEÑO CIVIL Y DE AGUAS	REVISADO POR: INGENIERO CALIFICADO INGENIERO DEL DISEÑO CIVIL	
ESCALA: 1:300	FECHA: 17-10-2017	LÁMINA: 08/10

DESINFECCIÓN

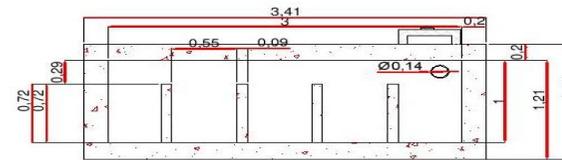
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



CORTE B-B'



"REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FERIA/AMBIENTE DE LA CIUDAD DE GUARANDA"

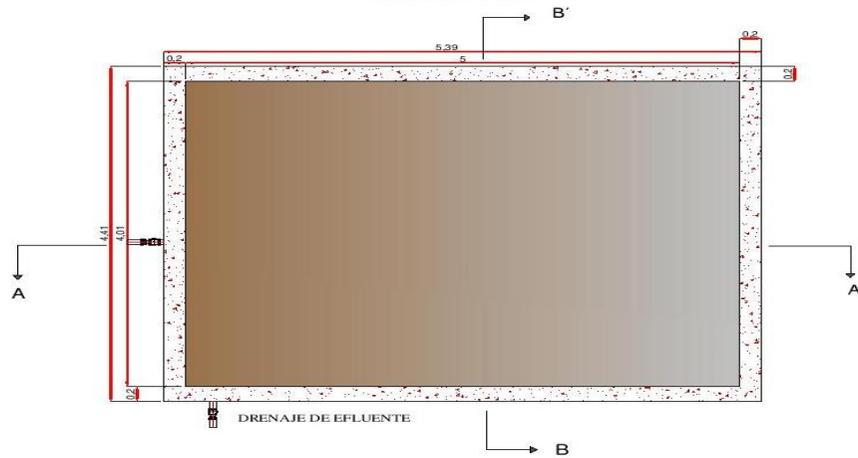
CONTIENE: DESINFECCIÓN, VISTA PLANTA Y CORTES

REALIZADO POR: KAREN DEL ROCIO CARRILLO ANALUISA REVISADO POR: ING. CAMILO HARO
ING. MARCO CHEIZA

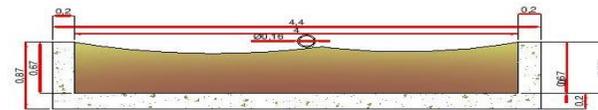
ESCALA: 1:200 FECHA: 18-10-2017 LAMINA: 07/10

LECHO DE SECADO DE LODOS

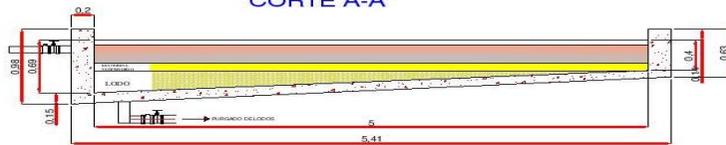
VISTA PLANTA



CORTE B-B'

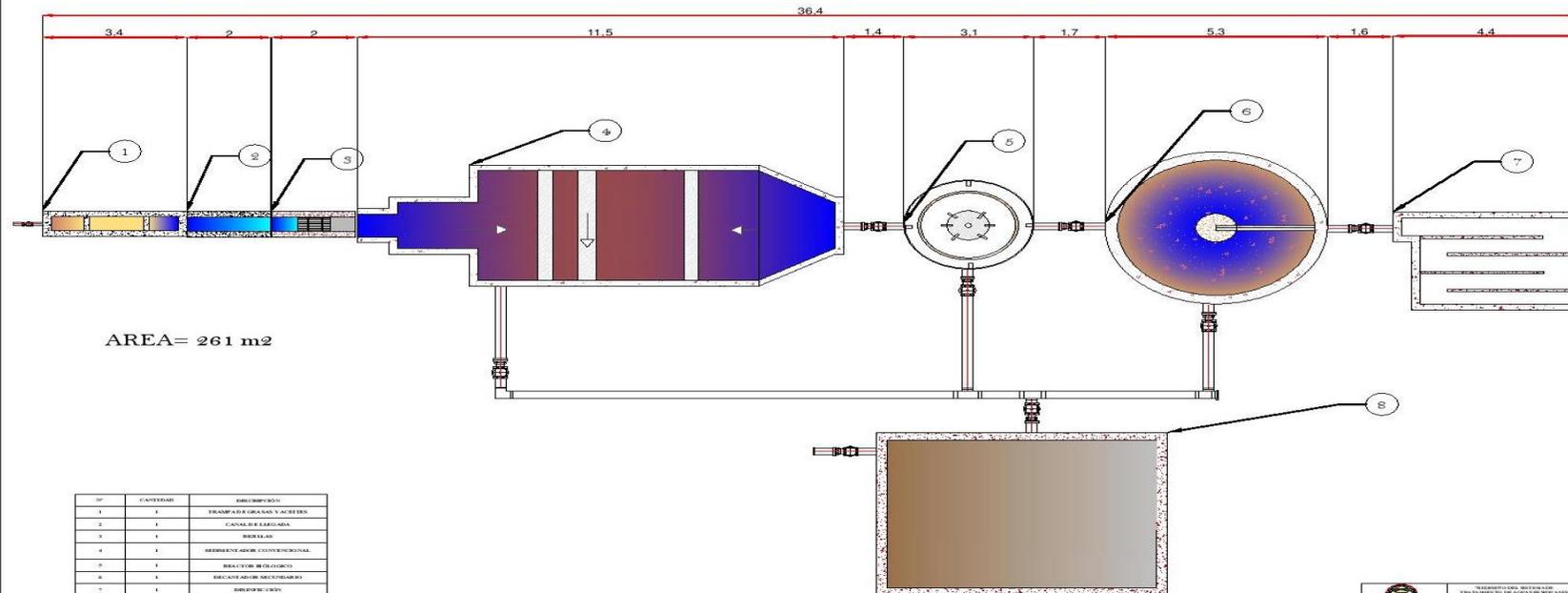


CORTE A-A'



		"RE-DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CENTRO DE FASEAMIENTO DE LA CIUDAD DE GUAYMAS"
CONTIENE: LECHO DE SECADO DE LODOS, VISTA PLANTA Y CORTES		
REALIZADO POR: INGENIERO ROBERTO CAMARILLO ANAGARRA	REVISADO POR: ING. CARLOS RAMO ING. MARCELO CUEVA	
ESCALA: 1:300	FECHA: 18-10-2017	LAMINA: 0810

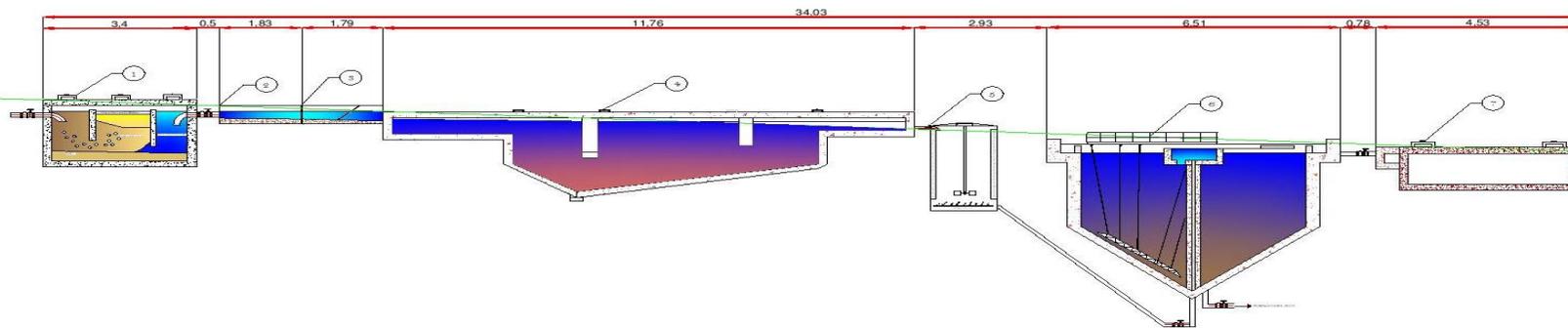
VISTA PLANTA



NO.	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	TRAMPAS DE ARENOS Y ACEITES
2	1	CANAL DE FLEGUERA
3	1	BERRIAN
4	1	SEDIMENTADOR CONVENCIONAL
5	REACTOR BIOLÓGICO	
6	1	DECANTADOR SECUNDARIO
7	1	RECIPIENTE
8	1	TANQUE DE RECIBO DE AGUAS

INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS	
PROYECTO: 	
FECHA: 	
ESCALA: 1:100	FOLIO: 10 DE 10

CORTE LONGITUDINAL



Nº	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	TRAMPA DE GRASAS Y ACEITES
2	1	CANAL DE LLEGADA
3	1	REJILLAS
4	1	SEDIMENTADOR CONVENCIONAL
5	1	REACTOR BIOLÓGICO
6	1	DECANTADOR SECUNDARIO
7	1	DESINFECCION

 "REFORMA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CENTRO DE PARANAMES PUEBLO DE LA CIUDAD DE GUARANDA"	
CONTIENE: CORTE LONGITUDINAL	
DISEÑADO POR: BARRIO FOR. BARRIO FOR. BARRIO FOR.	REVISADO POR: FOR. BARRIO FOR. FOR. BARRIO FOR.
ESCALA: 1:500	FECHA: 08/10/2017
LÁMINA: 107/10	